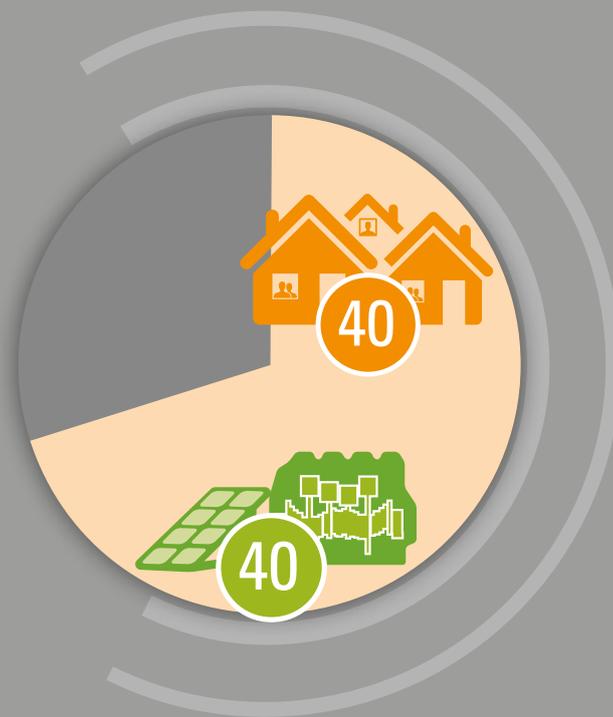


40/40-Strategie Unser Konzept für die Wärmewende



Eine Studie des AGFW | Der Energieeffizienzverband
für Wärme, Kälte und KWK e. V.



Brandenburgische
Technische Universität
Cottbus

Institut für Energiewirtschaft und
Rationelle Energieanwendung
der Universität Stuttgart **IER**

Jung Stadtkonzepte

**Herausgeber:**

AGFW | Der Energieeffizienzverband für
Wärme, Kälte und KWK e. V

Stresemannallee 30

D-60596 Frankfurt am Main

Telefon: +49 69 6304-1

Telefax: +49 69 6304-391

E-Mail: info@agfw.de

Internet: www.agfw.de

Verlag:

AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung,
Information und Standardisierung mbH

Stresemannallee 30

D-60596 Frankfurt am Main

Telefon: +49 69 6304-1

Telefax: +49 69 6304-391

E-Mail: info@agfw.de

Internet: www.agfw.de

Verkaufspreis:

Kostenfrei für AGFW-Mitglieder

Schutzgebühr für Nichtmitglieder

Hinweis:

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet. Alle Angaben in dieser Broschüre sind nach bestem Wissen unter Anwendung aller gebotenen Sorgfalt erstellt worden. Trotzdem kann von den Autoren, den Herausgebern und dem Verlag keine Haftung für etwaige Fehler übernommen werden.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig und strafbar. Das gilt vor allem für Vervielfältigungen in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrokopie oder ein anderes Verfahren), Übersetzungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

2., korrigierte Auflage

Stand: Juni 2018

© AGFW, Frankfurt am Main

Die 40/40-Strategie

PD Dr.-Ing. Markus Blesl

**Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER),
Universität Stuttgart**

Prof. Dr. Matthias Koziol

**Brandenburgisch Technische Universität Cottbus-Senftenberg,
Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung, Lehrstuhl Stadttechnik**

Maria Christin Ludwig

**Brandenburgisch Technische Universität Cottbus-Senftenberg,
Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung, Lehrstuhl Stadttechnik**

Harald Rapp

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

Bernd Tenberg

Jung Stadtkonzepte, Stadtplaner & Ingenieure Partnerschaftsgesellschaft

Sarah Vautz

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

Stefan Wolf

**Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER),
Universität Stuttgart**



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Die 40/40-Strategie in Deutschland – Untersuchungsrahmen und Methodik	5
	2.1 Beispielprojekte	10
	2.2 Methodik	10
3	Rahmenbedingungen und Varianten für den Fernwärmeausbau	12
	3.1 Szenarien für den Ausbau der Fernwärmeversorgung	12
	3.2 Entwicklung des Wärmebedarfs	14
	3.3 Ausbau der Fernwärmenetze	16
	3.4 Annahme zur Entwicklung der Energieträgerpreise	18
4	Effekte des Fernwärmeausbaus der 40/40-Strategie in den deutschen Kommunen bis zum Jahr 2050	20
	4.1 Ergebnisse der Szenarioanalysen	20
	4.1.1 Szenarioanalyse Großstadt	20
	4.1.2 Szenarioanalyse Mittelstadt	23
	4.1.3 Szenarioanalyse Kleinstadt	27
	4.2 Beitrag zur Erreichung der Wärmewende auf lokaler Ebene	29
	4.3 Betriebswirtschaftliche Effekte der Umsetzung der 40/40-Strategie	30
5	Beitrag des Fernwärmeausbaus zur regionalen Wertschöpfung	32
	5.1 Von der Modellkommune zum Deutschlandtrend	33
	5.2 Regionale Wertschöpfung im Szenario „Dekarbonisierung“	34
	5.3 Arbeitplatzeffekte	38
	5.4 Kennwerte	40
6	Zusammenfassung und Ausblick	41
	Literatur	44
	Abbildungsverzeichnis	46
	Tabellenverzeichnis	47

1 Einleitung

Die nationalen Energie- und Klimaschutzziele mit der Energiewende stehen seit gut einem Jahrzehnt im Fokus von Politik und Gesellschaft. Von zentraler Bedeutung sind daher Strategien für eine energieeffiziente Stadt in der Stadtpolitik und -planung, um die gesetzten Ziele auch zu erreichen. Dabei bildet das Zusammenspiel von Initiativen der Kommunen und der Versorgungsunternehmen ein wesentliches Grundgerüst zur Umsetzung notwendiger Maßnahmen für die zukünftige Energieeffizienz und die Einhaltung der Obergrenzen für Treibhausgasemissionen in den Städten und Gemeinden in Deutschland.

Ist die Energiewende eine „Stromwende“? Nein, im Wesentlichen ist sie eine „Wärmewende.“ Doch welche Bedeutung kommt der Fernwärme und deren Einbindung in die Energiewende zu? Im Hinblick auf die Tatsache, dass nahezu 50 % des gesamten Primärenergiebedarfs in Deutschland im Bereich der Wärmeversorgung entsteht, ist eine Einbindung der Fernwärme mehr als notwendig und der Schlüssel für eine erfolgreiche Strategie. Eine angestrebte Wärmewende geht damit Hand in Hand mit aktuellen Entwicklungen im Rahmen der Energiewende, wie die vorliegende Studie im Folgenden konkret verdeutlicht. Dabei ist ein großer Vorteil der Fernwärme die zentrale Erzeugung: Maßnahmen zu mehr Effizienz in diesem Bereich erreichen viele Nutzer, es besteht eine Flexibilität in Bezug auf den Brennstoff, die Skalierung der Effekte ist deutlich höher als bei ei-

ner Maßnahme an einer Einzelfeuerungsanlage und zusätzlich wird eine höhere Versorgungssicherheit gewährleistet. Der Einsatz erneuerbarer Energien ist in Größenordnung möglich und generiert die höchste lokale Wertschöpfung in den Städten und Gemeinden. Fernwärme bietet somit enorme Potenziale, um langfristig mehr Energieeffizienz im Gebäudebestand sicherzustellen und ist damit ein wichtiger Aspekt, um die gesteckten CO₂-Einsparungsziele bis 2050 zu erreichen.

Bereits im Rahmen der Studie zur 70/70-Strategie hat der AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW) im Jahr 2015 die volks- und betriebswirtschaftlichen Auswirkungen des konsequenten Ausbaus der Fernwärmeversorgung für Wohn- und Nichtwohngebäude in Deutschland analysieren lassen. Hierfür wurde einerseits eine Fokussierung auf die 70 einwohnerstärksten Städte Deutschlands vorgenommen und andererseits ein Ausbau der Fernwärmeversorgung auf einen 70-prozentigen Anteil an der Wärmebereitstellung für Wohn- und Nichtwohngebäude im

Jahr 2050 untersucht. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass die Umsetzung einer solchen Ausbaustrategie – der sogenannten „70/70-Strategie“ – einen bedeutenden Beitrag zur Zielerreichung der Energiewende leisten kann sowie positive volkswirtschaftliche Effekte erzielt.

Die 70/70-Strategie schließt allerdings nur 30 % der Bevöl-

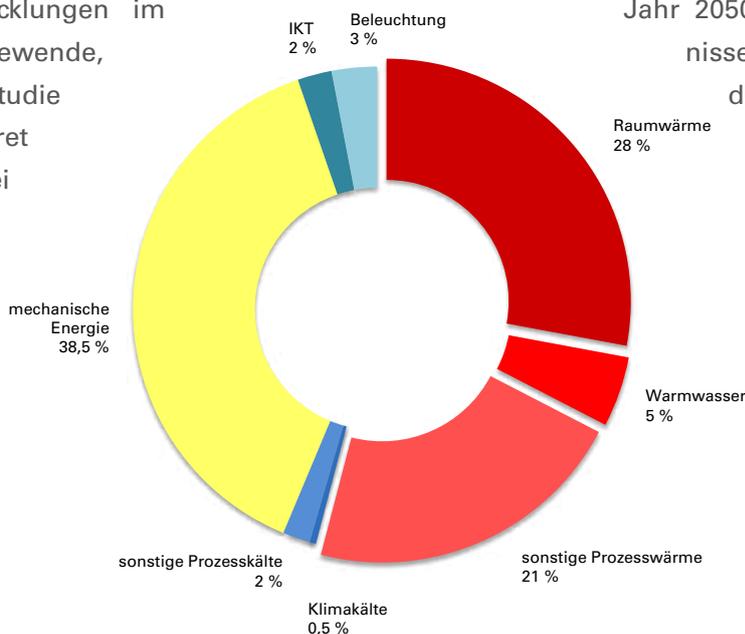


Abbildung 1: Energieverbrauch nach Anwendungsbereichen in Deutschland 2016 (eigene Darstellung nach BMWi 2018)

kerung in die Wärmewende ein. Zum Erreichen einer gesamten Wärmewende und damit auch der gesetzten Ziele ist eine Ausweitung der Strategie auf einen größeren Anteil der Bevölkerung notwendig. Dies wird durch das Einbeziehen der Mittel- und Kleinstädte möglich.

Die vorliegende Studie zur 40/40-Strategie setzt sich daher mit einer räumlichen Ausweitung des Konzepts zum Ausbau der Fernwärmeversorgung auseinander, um spezifische Energieeffizienz- und CO₂-Einsparpotenziale auch für Mittel- und Kleinstädte zu ermitteln und zu analysieren. Damit folgt die 40/40-Strategie einer Empfehlung der 70/70-Strategie und zeigt Möglichkeiten auf, wie künftig durch den Fernwärmeausbau wirtschaftliches Potenzial und kommunale Wertschöpfung in den Städten und Gemeinden gefördert werden kann.

Diesbezüglich lautet die Arbeitshypothese der vorliegenden Studie:

Der Ausbau der Fernwärme auf durchschnittlich 40% der Wärmebereitstellung in 40% der deutschen Kommunen mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien bis 2050 ist dazu fähig, die Energiewende im Wärmebereich zu erreichen.

Dabei werden in Anlehnung an die 70/70-Strategie des AGFW die verschiedenen Fernwärmeanteile am Wärmebedarf bei Groß- (70 %), Mittel- (35 %) und Kleinstädten (17 %) als realistisches Potenzial bewertet. Darüber hinaus können die vorliegende analysierte Ausbauvarianten zukünftig nicht nur zu Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzeffekten auf kommunaler Ebene in den untersuchten Gemeindekategorien beitragen, sondern zeigen auch Möglichkeiten auf, wie höhere Anteile erneuerbarer Energien in zukünftige Versorgungskonzepte integriert werden können.

Die Integration erneuerbarer Energien erfordert innovative Systeme und ist in der Ausbauphase zunächst einmal mit Investitionen verbunden. Die von der Politik gesetzten Zielvorgaben und Rahmenbedingungen führen dazu, dass sich Projekte des Fernwärmeausbaus meist nicht wirtschaftlich darstellen lassen. Damit fehlt ohne Fördermittel der Anreiz für die im Wettbewerb agierenden Versorgungsunternehmen, den Fernwärmeausbau sowie die Integration erneuerbarer Energien voranzutreiben. Daher bedarf es der Bereitstellung von Investitionsanreizen, um die Wärme- und Energiewende voranzutreiben. Denn es zeigt sich, dass sich anfängliche Wirtschaftlichkeitslücken erst im Zeitraum von 2030 bis 2050 amortisieren und die getätigten Investitionen sich erst dann dank der Langlebigkeit der Technologie auszahlen.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist damit die energiewirtschaftliche Bewertung und Einordnung der 40/40-Strategie und die Ableitung eines Fahrplans zur Erreichung der gesteckten klimapolitischen Ziele. Hierzu werden die Entwicklungen von Wärmebedarf, Wärmeherzeugung- und Wärmeverteilungstechnologien technoökonomisch bewertet. Auf Basis dieser Analyse wird der Nutzen der 40/40-Strategie in Form genannter Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzeffekte, Einsparpotenziale sowie weiterer Synergieeffekte dargestellt. Darüber hinaus werden die vermiedenen CO₂-Emissionen, die betriebs- und volkswirtschaftlichen Auswirkungen im Folgenden analysiert.

2 Die 40/40-Strategie in Deutschland – Untersuchungsrahmen und Methodik

Wie kann die Wärmewende einen Großteil der Bevölkerung und Gemeinden in Deutschland erreichen?

Die 70/70-Strategie schloss mit der ausschließlichen Betrachtung der 70 größten Städte Deutschlands nur 30 % der Bevölkerung in die Wärmewende ein. Zum Erreichen einer Wärmewende und damit auch der gesetzten Ziele ist eine Ausweitung der Strategie auf einen größeren Anteil der Bevölkerung notwendig. Neben der Betrachtung der Ausbaupotenziale in den Großstädten wird daher in dieser Studie die Betrachtung räumlich ausgeweitet auf die Mittel- und Kleinstädte in Deutschland.

Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) unterscheidet für die insgesamt 11.166 Gemeinden in Deutschland vier übergeordneten Gemeindekategorien (GK): Groß-, Mittel- und Kleinstädte sowie Landgemeinden (vgl. BBSR 2015).

Unterscheidungskriterien sind die Bevölkerungszahl, das Stadtrecht sowie die zentralörtliche Funktion.

In der 40/40-Strategie werden die Gemeindekategorien von der Großstadt bis zur Kleinstadt betrachtet (GK 1-3). Landgemeinden haben für die Anwendung von Wärmenetzen häufig einen zu geringen Wärmebedarf und eine zu geringe Wärmebedarfsdichte, um an Fernwärmenetze angeschlossen werden zu können bzw. eine Fernwärmeversorgung dort auf- oder auszubauen. Da für diese Gemeindekategorie Einzelbetrachtungen notwendig sind, werden die Landgemeinden aus der vorliegenden Untersuchung ausgeklammert.

Mit der Betrachtung der Groß-, Mittel- und Kleinstädte werden 85 % der Bevölkerung in die Umsetzung der Wärmewende einbezogen.

Gemeindeklasse	Beschreibung	Einwohner	mittlerer Nutzwärmebedarf [GWh]
GK1	Großstadt	> 100.000	2.333
GK2	Mittelstadt	bis 100.000	318
GK3	Kleinstadt	bis 20.000	58
GK4	Landgemeinde	< 5.000	19

Tabelle 1: Gemeindekategorien im Untersuchungsrahmen

Großstädte: Großstädte sind Gemeinden eines Gemeindeverbandes oder Einheitsgemeinde mit mindestens 100.000 Einwohnern sowie mindestens mittelzentraler Funktion, wobei Großstädte meistens oberzentrale Funktionen aufweisen. Insgesamt gibt es 79 Großstädten in Deutschland, in denen knapp 28 % der Bevölkerung Deutschlands leben.

Mittelstädte: Bei Mittelstädten handelt es sich um Gemeinden eines Gemeindeverbandes oder Einheitsgemeinden mit 20.000 bis unter 100.000 Einwohnern, die überwiegend eine mittelzentrale Funktion aufweisen. Mit etwa 35 % lebt der größte Bevölkerungsteil Deutschlands in Mittelstädten, wobei diese vor allem im Westen die Siedlungsstruktur prägen.

Kleinstädte: Gemeinden eines Gemeindeverbandes oder Einheitsgemeinden mit mindestens grundzentraler Funktion oder mit 5.000 bis unter 20.000 Einwohner werden als Kleinstädte bezeichnet. Insgesamt leben 13 % der Bevölkerung Deutschlands in Kleinstädten.

			
Einwohnerzahl	> 100.000	< 100.000	< 20.000
Ziel Anzahl versorgte Gemeinden	79	619	2.261
Ziel Anteil der Fernwärme	70%	35%	17%

Tabelle 2: Gemeindekategorien und Ziele der 40/40-Strategie

Als Basisjahr der Betrachtung wird das Jahr 2015 gewählt, da für dieses Jahr die notwendigen statistischen Basisdaten bereits vorliegen. Der Betrachtungszeitraum wird analog zum Zeithorizont der Energie- und Klimapolitik bis zum Jahr 2050 gewählt. Im Rahmen der Studie werden folglich Aussagen über den „Ist-Zustand“ im Jahr 2015 getroffen und die zukünftige Entwicklung für die Stützjahre 2030 und 2050 abgeschätzt. Dies entspricht in etwa der langfristigen integrierten Stadtentwicklung und den Energieversorgungskonzepten mit jeweils einem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren.

Um das Ziel der Fernwärmeversorgung in 40 % aller Städte abbilden zu können, geht die Studie davon aus, dass in 100 % aller Großstädte, 80 % aller Mittelstädte und 60 % aller Kleinstädte bis 2050 eine leitungsgebundene Wärmeversorgung durch Fernwärme existiert.

Dabei werden in Anlehnung an die 70/70-Strategie des AGFW verschiedene Fernwärmeanteile am Wärmebedarf bei Groß- (70 %), Mittel- (35 %) und Kleinstädten (17 %) als Potenzial gesehen. Damit wird im Mittel ein Fernwärmeanteil von im Schnitt 40 % bis 2050 erreicht wird. Die Studie differenziert das mittlere Fernwärmeausbauziel auf Grund der unterschiedlichen städtebaulichen Dichten in den Gemeindekategorien: In Großstädten liegt das Ausbauziel bei circa 70 %, in Mittelstädten bei circa 35 % und in Kleinstädten bei circa 17 %.

2.1 Beispielprojekte

Die Studie basiert auf den Erkenntnissen aus Planung und Umsetzung konkreter Quartierserschließungsmaßnahmen, für die Fördermittel in verschiedenen Programmen beantragt oder in Anspruch genommen wurden. Insgesamt wurden zwölf Projekte – mind. drei je Gemeindekategorie – mit unterschiedlichen Projektschwerpunkten betrachtet und ausgewertet. Somit konnte nicht nur für Großstädte, sondern auch für Mittel- und Kleinstädte ein entsprechendes Konzept zur Realisierung der Wärmewende durch einen zielgerichteten Fernwärmeausbau praxisnah aufgezeigt werden.

Auf Basis dieser Projektbeispiele konnten durchschnittliche Kennwerte für die Verteilkosten und

unrentierlichen Kosten des Projekts jeweils zu Projektbeginn und Projektende ermittelt werden. Im Schnitt lagen die Verteilkosten zu Projektende bei 30-40 €/m. Zu Projektbeginn waren diese gegenüber Projektende um ca. 50-60 % erhöht. Die unrentierlichen Kosten liegen im Schnitt bei etwa 50-60 % der Investitionskosten. Auch bei den unrentierlichen Kosten lässt sich hervorheben, dass sich diese von Projektbeginn zu Projektende erheblich reduzierten.

Diese Kennwerte zeigen, dass der Fernwärmeausbau in allen Gemeindekategorien einen Investitionsanreiz benötigt. Aufgrund der positiven Entwicklung und allgemeinen Senkung der Betriebskosten ist hier aber keine Dauerförderung zu befürchten.

2.2 Methodik

Die Methodik gliedert sich in die Teilschritte Datenerhebung, Datengeneralisierung, Systemoptimierung und Hochrechnung. In Abbildung 2 sind diese Teilschritte dargestellt. Die Pfeile symbolisieren Informationsflüsse innerhalb (grau) und zwischen (blau) den Teilschritten. In der Datenerhebung werden zunächst die Projektbeispiele (s. Kapitel 2.1) ausgewertet, um Kennzahlen zu bilden und daraus typische Versorgungsfälle abzuleiten. Zudem werden mittels des digitalen Wärmealas des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung der Universität Stuttgart (IER) die Fernwärmeausbaupotenziale und die Wärmebedarfsentwicklung über den Betrachtungszeitraum von 2015 bis 2050 abgeschätzt.

Die Datengeneralisierung dient dazu fünf typische Versorgungsfälle zu generieren, die repräsentativ für Wärmenetze in einer Klein-, Mittel- und Großstadt stehen. Für die Gemeindekategorien Mittel- und Kleinstadt wird zwischen Bestandsnetzen und dem Neubau von Wärmenetzen unterschieden. Die Abgrenzung der Gemeindeklassen folgt der Definition in Tabelle 1 auf Seite 8.

In der Systemoptimierung wird die Versorgung der drei Versorgungsfälle in den drei Betrachtungsjahren 2015, 2030 und 2050 optimiert. Hierzu werden für jede Stunde im Jahr und jede Versorgungsoption die jeweiligen Grenzkosten ermittelt. Daraus

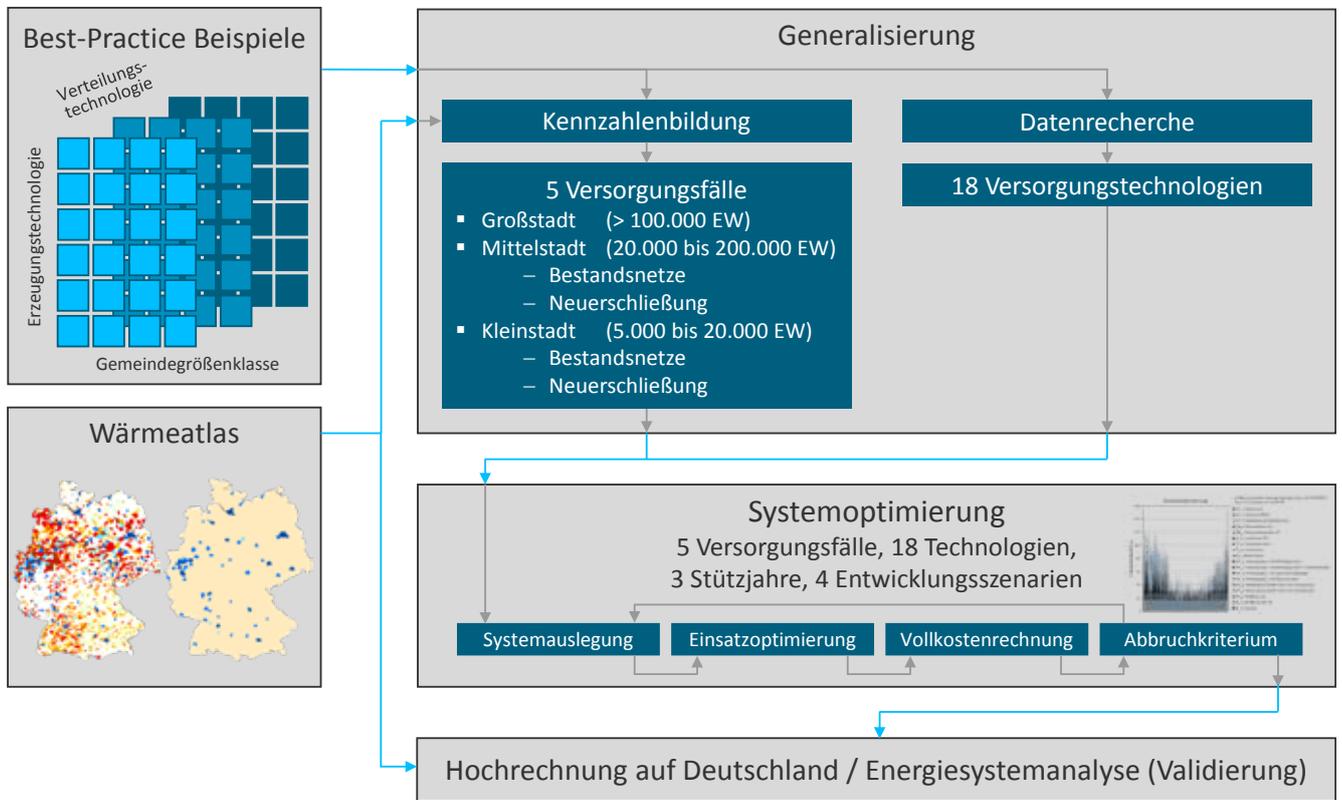


Abbildung 2: Methodik der betriebswirtschaftlichen Szenarioanalyse

wird einen Merit-Order (Einsatzreihenfolge) der Wärmeerzeugungstechnologien erstellt. In der Einsatzoptimierung werden die Versorgungsoptionen gemäß dieser Merit-Order zur Versorgung des Wärmenetzes eingesetzt. Begonnen wird mit der Technologie, welche die geringsten Grenzkosten aufweist. Das Ergebnis dieser Einsatzoptimierung ist die Minimierung der Betriebskosten der Wärmeversorgung. Im nächsten Schritt wird eine Vollkostenrechnung durchgeführt, die auch die kapitalgebundenen Kosten sowie die Wärmeverteilungskosten berücksichtigt. Aus dieser Betrachtung folgen die Wärmebereitstellungskosten des Fernwärmeversorgungssystems. In einem iterativen Prozess wird die Struktur des Anlagenparks mit dem Ziel variiert, die Wärmege-

stehungskosten zu minimieren. Dabei werden gegebenenfalls restriktiv wirkende Szenarienannahmen berücksichtigt. Ist das Minimum gefunden, bricht die Iteration ab und das kostenminimale Versorgungssystem ist gefunden.

Die optimierten Modellwärmenetze werden im letzten Schritt auf Deutschland hochgerechnet. Die Grundlage für diese Hochrechnung bieten die Daten des digitalen Wärmeatlas und die daraus Abgeleiteten Daten zum Fernwärmeausbau und zur Fernwärmenutzung nach Gemeindeklassen. Darüber hinaus werden die Potenziale zur Nutzung regenerativer Energien, sowie von Abwärme und kommunalem Abwasser berücksichtigt.

3. Rahmenbedingungen und Varianten für den Fernwärmeausbau

Das Ziel der 40/40-Strategie ist die Deckung von 40 % des Wärmebedarfs durch die leitungsgebundene Wärmeversorgung mit Fernwärme in 40 % der deutschen Gemeinden. Im Folgenden werden

die dieser Studie zugrunde gelegten Szenarien sowie das Potenzial des Fernwärmeausbaus und die Entwicklung des Wärmebedarfs im Gebäudebereich dargestellt.

3.1 Szenarien für den Ausbau der Fernwärmeversorgung

Die Bewertung der zukünftigen Perspektiven von Wärmenetzen im Kontext der Energiewende erfolgt anhand von Entwicklungsszenarien. Es werden die vier folgenden Szenarien bewertet:

- Business as Usual (BAU)
- Business as Usual ohne Förderung
- Dekarbonisierung
- Dekarbonisierung und Abgabenbefreiung

Die Differenzierungsmerkmale dieser Szenarien sind in Tabelle 3 dargestellt. In der Tabelle sind Kategorien aufgeführt, die hier kurz erläutert werden.

KWK-Gesetz und EEG bezeichnet die Förderung von Anlagen nach den jeweiligen Gesetzen. Die Abgabenbefreiung bezieht sich auf die Befreiung des Power2Heat Stroms von EEG-Umlage und Stromsteuer. Die Flexibilisierung der Strompreise bezeichnet die Abrechnung des Strombezugs mit stündlich variierenden Strompreisen. Die Preise orientieren sich am Strom Spot-Markt. Durch diese Maßnahme wird ein Anreiz zur Lastflexibilisierung (Wärmepumpen, Elektrokessel) geschaffen. Das CO₂ Limit gibt einen Zielpfad für die spezifischen CO₂-Emissionen der Fernwärme vor, der in den Szenarien zur Dekarbonisierung nicht überschritten werden darf. In Tabelle 3

Kategorie	Szenario			
	BAU	ohne Förderung	Dekarbonisierung	Abgabenbefreiung
KWKG	✓	✗	✗	✗
EEG	✓	✗	✗	✗
Abgabenbefreiung Power2Heat Strom	✗	✗	✗	✓
Flexibilisierung der Strompreise ab 2030	✗	✗	✓	✓
CO ₂ Limit	✗	✗	✓	✓

Tabelle 3: Übersicht über die Szenariendefinition

ist für jedes der bewerteten Szenarien gekennzeichnet, ob die jeweilige Kategorie im Szenario berücksichtigt (✓) wird oder ob dieses nicht der Fall ist (x). Die Bewertung der Szenarien erfolgt aus betriebswirtschaftlicher Perspektive. Es wird ein Kalkulationszins von 8 % angenommen.

Das Szenario „BAU“ bildet die Förderung von Erzeugungsanlagen über das KWKG und das EEG ab. Die gegenwärtige Situation wird in die Zukunft fortgeschrieben. Investitionen und Anlagenbetrieb werden rein ökonomisch bewertet. Regenerative Energien werden folglich nur dann genutzt, wenn deren Einsatz wirtschaftlich sinnvoll ist, d. h. der Fokus liegt im Allgemeinen auf geringen Wärmegestehungskosten.

Das Szenario „BAU ohne Förderung“ ähnelt dem Szenario „BAU“. Allerdings werden Fördermaßnahmen nicht berücksichtigt. Daher ist dieses Szenario als puristisches und rein ökonomisches Szenario zu betrachten, bzw. wenn Förderungen zukünftig wegfallen würden.

Das Szenario „Dekarbonisierung“ berücksichtigt ebenfalls keine Fördermaßnahmen. Ab 2030 werden stündlich aufgelöstem Preissignal zur Freisetzung von Potenzialen in der Lastflexibilisierung (Power2Heat) angenommen. Zudem gilt das Limit für

die spezifischen CO₂-Emissionen, mit dem Ziel den Wärmesektor durch den Einsatz von Fernwärme zu dekarbonisieren. Der Zielpfad für die spezifischen CO₂-Emissionen der Fernwärme ist in Tabelle 4 angegeben. Die Tabelle enthält zudem den Zielpfad, den die Raumwärmebereitstellung im Durchschnitt erreichen muss, damit die Energie- und Klimaziele der Bundesregierung eingehalten werden können. Die spezifischen CO₂-Emissionen sind im Zielpfad der Fernwärme so gewählt, dass mit der 40/40-Strategie das Treibhausgasreduktionsziel von -80 % gegenüber 1990 im Gebäudebereich erreicht werden kann.

Das Szenario „Dekarbonisierung und Abgabenbefreiung“ ergänzt das Szenario „Dekarbonisierung“ um die Befreiung des Power2Heat-Stroms von der EEG-Umlage und der Stromsteuer. Damit wird ein Anreiz für die Intensivierung der Sektorkopplung in zwischen Strom- und Wärmenetzen geschaffen.

Kategorie	spez. CO ₂ -Emissionen der Wärmeerzeugung [g/kWh _{th}]		
	2015	2030	2050
Zielpfad Raumwärme	185	131	59
Szenario Dekarbonisierung Limit der Fernwärme	140	90	35
Referenz Raumwärme	185	185	185

Tabelle 4: Entwicklungspfade der spezifischen CO₂-Emissionen in der Wärmeversorgung

3.2 Entwicklung des Wärmebedarfs

Als Ausgangsbasis für die Fortschreibung des zukünftigen Wärmebedarfs der Wohngebäude und zur Bestimmung des technischen Wärmepotenzials in Deutschland wurde der digitale Wärmetlas verwendet, der mittels der modifizierten Siedlungstypenmethode erstellt wurde (vgl. Blesl 2014). Dieser enthält für die 11.166 Gemeinden und gemeindefreie Gebiete in Deutschland, Daten zu deren demographischen Kenngrößen (Einwohnerzahl /Beschäftigte je Gemeinde und Entwicklung), dem Gebäudebestand (unterteilt nach Wohngebäudetypen (Größe/Baualter), Nichtwohngebäude (Nutzung/Baualter), Siedlungsfläche und deren Aufteilung nach Siedlungstypen.

Mit dieser Datenbasis als Grundlage wird die Entwicklung des Wärmebedarfs der Haushalte fortgeschrieben. Hierbei wird die durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) bzw. deren Fortschreibung zu erwartenden verstärkten Anforderungen an die maximalen U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizient) der Bauteile berücksichtigt. Ebenfalls fließt mit ein, dass eine energetische Sanierungsmaßnahme in der Regel nur innerhalb eines Sanierungszyklus stattfindet. D. h. die energetischen Sanierungsmaßnahmen am Gebäudebestand werden in Abhängigkeit des Baualters des Gebäudes bzw. des Zeitpunktes der letzten Instandsetzung an der Gebäudehülle durchgeführt. Entsprechend wird ein Austausch von Fenstern alle 30 Jahre, die Instandsetzung der Fassade alle 40 Jahre, eine Erneuerung von Dächern bzw. Dachflächen alle 50 Jahre angenommen. Da die Dämmung von Kellerdecken eine Sanierungsmaßnahme ist, die rein unter den energetischen Ge-

sichtspunkten durchgeführt wird, wird unterstellt, dass diese erst ab einem Mindestmaß an durchgeführten energetischen Sanierungsmaßnahmen des Gebäudes erfolgt. Im Weiteren wird teilweise der Einbau einer kontrollierten Lüftung angenommen, der zum einen die energetische Luftwechselrate reduziert und zum anderen einer Schimmelbildung durch zu hoher Feuchte in den Gebäuden vorgebeugt. Für Neubauten wird bis zum Jahr 2020 die geltende EnEV als begrenzendes Maß des spezifischen Wärmebedarfs unterstellt, die danach durch einen quasi Niedrigstenergiehausstandard von 15 kWh/m² ersetzt wird.

Der Nutzwärmebedarf der Wohn- und Nichtwohngebäude in den Städten und Gemeinden in Deutschland betrug im Jahr 2015 rund 730 GWh. Neben der energetischen Gebäudesanierung tragen bis zum Jahr 2050 die veränderte Einwohnerzahl, die steigende spezifische Wohnflächennachfrage der Bevölkerung, die Abrisse und Neubauten im Gebäudebestand sowie die Klimaveränderung zu einer Veränderung des Wärmebedarfs bei. Als Folge ist ein Rückgang des Wärmebedarfs zu beobachten. Während im Jahr 2030 noch ein Wärmebedarf von 452 TWh zu erwarten ist, beträgt der Wärmebedarf für das Jahr 2050 unter den getroffenen Annahmen 357 TWh. Dies entspricht einem Rückgang gegenüber 2015 für das Jahr 2030 von 30 % und für das Jahr 2050 von 40 % (s. Abbildung 3). Der Nutzwärmebedarf des Gebäudebereichs wird nach Abschätzung mit dem digitalen Wärmetlas des IER im Jahr 2050 in den betrachteten 40 % der Gemeinden in Deutschland 298 TWh_{th} betragen.

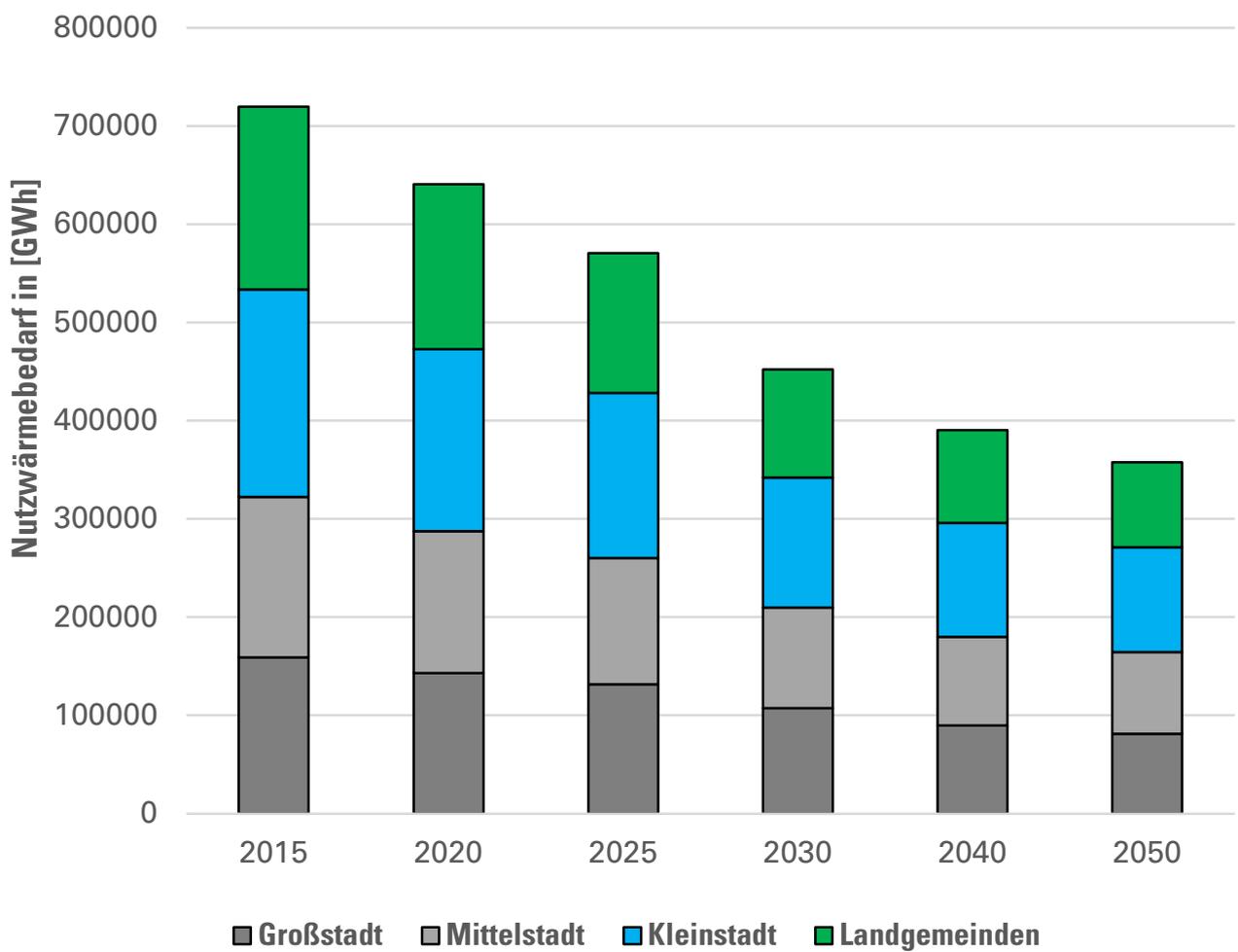


Abbildung 3: Entwicklung des Nutzwärmebedarfs bis 2050 in den Städten und Gemeinden in Deutschland

3.3 Ausbau der Fernwärmenetze

Aus der Fortschreibung des Gebäudebestands mit der angenommenen Modernisierungs- und Neubautätigkeit folgt die projizierte Entwicklung des Wärmebedarfs im Gebäudebereich. Zur Abschätzung des Potenzials für den Wärmenetzausbau wird die Wärmebedarfsdichte in den Gemeinden analysiert.

Aus dieser Betrachtung ergibt sich das in Abbildung 4 dargestellte absolute Ausbaupotenzial der Fernwärme in Deutschland. In grau ist die Entwicklung des Bestands dargestellt. Bedingt durch die fortschreitende Sanierung der angeschlossenen Gebäude sinkt der Fernwärmebedarf von 2015 bis zum Jahr 2050 um knapp 50 %. Da innerhalb der bestehenden Fernwärmeversorgungsgebiete zumeist kein Versorgungsgrad von 100 % erreicht wird, d. h. nicht alle Endverbraucher an die Fernwärmeversorgung angeschlossen sind, existiert ein entspre-

chendes Verdichtungspotenzial. Daher kann der Rückgang im Fernwärmebestand in geringem Maße durch eine Nachverdichtung der Wärmenetze kompensiert werden.

Erhebliche Potenziale für die Ausweitung der Fernwärmeversorgung liegen in der Netzerweiterung d. h. der peripheren Erweiterung. Bei der Erschließung peripherer Erweiterungspotenziale in Gebieten mit Wohngebäuden werden bisher nicht fernwärmeversorgte, an ein Fernwärmeversorgungsgebiet angrenzende, Siedlungen an das bestehende Fernwärmenetz angebunden. Im Vergleich zu den Verdichtungspotenzialen steigt hierbei der Investitionsaufwand. Rechnerisch lassen sich die theoretischen maximalen Erweiterungspotenziale ermitteln, indem jedem Siedlungstyp, bzw. der gesamten Siedlungsfläche, das vollständige Erschließungspotenzial zugerechnet wird.

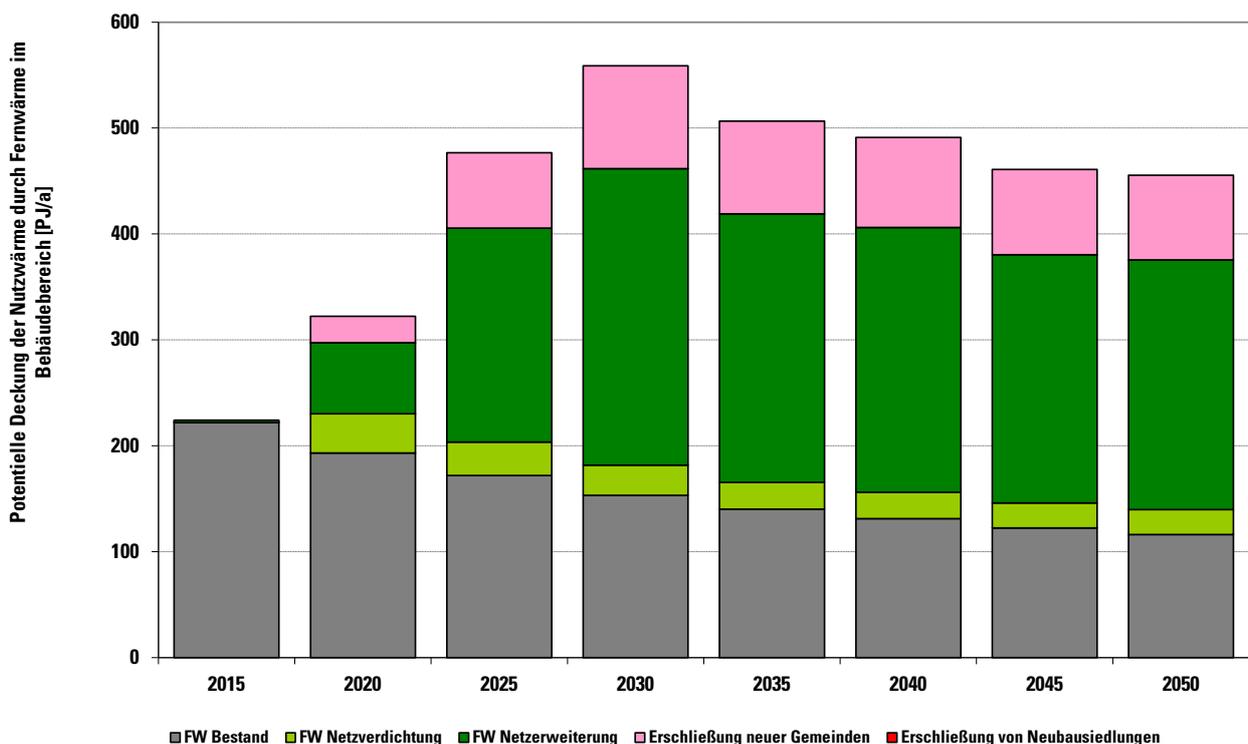


Abbildung 4: Potenzial der Deckung der Nutzwärme durch Fernwärme im Gebäudebereich

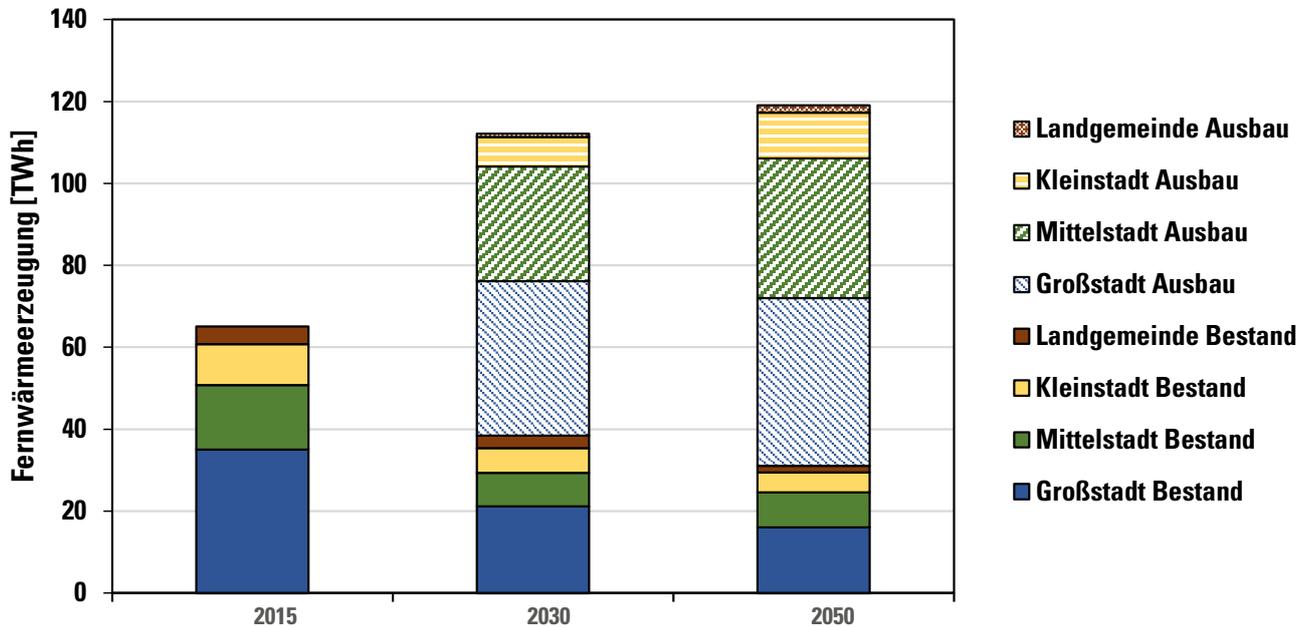


Abbildung 5: Ausbau der Fernwärmeversorgung gemäß der 40/40 Strategie

In der Praxis sind jedoch nur Gebiete mit hoher Wärmedichte bzw. überwiegendem Anteil an Mehrfamilienhäusern wirtschaftlich erschließbar. Da die Erweiterung des Fernwärmenetzes mit entsprechenden Bauzeiten verbunden ist und die Wechselbereitschaft der Eigentümer nicht fernwärmeversorgter Gebäude nicht „über Nacht“ zu erreichen ist, wird im Folgenden von einem Erschließungszeitraum von 10 Jahren ausgegangen. Dem dargestellten Potenzial liegt zudem die Annahme zugrunde, dass die Fernwärmeversorgung nicht in beliebiger Geschwindigkeit ausgebaut werden kann. Es wird angenommen, dass bei entsprechender Umsetzung der 40/40-Strategie ein Hauptanteil des Ausbaus der Fernwärme bis zum Jahr 2030 erreicht werden könnte.

Das in Abbildung 4 gezeigte Potenzial zum Ausbau der Fernwärme zeigt, dass das Ziel der 40/40-Strategie in der Wärmewende bis zum Jahr 2050 erreicht werden kann.

Um 40 % dieses Nutzwärmebedarfs mit Fernwärme zu decken muss die leitungsgebundene Wärmeversorgung auf 116 TWh_{th} ausgebaut werden. Damit wird das Potenzial zum Ausbau der Fernwärmeversorgung zu 92 % ausgeschöpft. Der Ausbau der Fernwärmeversorgung erfolgt wie in Abbildung 5 dargestellt. Der Großteil der Ausbauleistung wird bis zum Jahr 2030 erbracht. Danach erfolgt ein moderater Ausbau bis 2050 durch den der abnehmende Wärmebedarf des bestehenden Versorgungsgebiets kompensiert wird. Durch diese Ausbaustrategie lassen sich Überkapazitäten in der Wärmeerzeugung weitgehend vermeiden.

Der Kalkulationszeitraum der wirtschaftlichen Lebensdauer beträgt für Fernwärmenetze 20 Jahre¹. Vor diesem Hintergrund geht das Ausbauszenario für die Modellkommunen davon aus, dass der wesentliche Netzausbau bis zum Jahr 2030 abgeschlossen ist und zwischen 2030 und 2050 lediglich Nachverdichtungen stattfinden. Ausgehend vom Be-

zugsjahr 2015 werden die erforderlichen Wärmeenergieerzeugungskapazitäten bis zum Jahr 2020 errichtet, der Netzausbau findet von 2020 bis 2030 statt. Diese Annahme deckt sich mit Erfahrungen der Branche: Planungshorizonte in der Energiewirtschaft liegen erfahrungsgemäß zwischen 10 und 15 Jahren (vgl. AGFW 2012).

3.4 Annahme zur Entwicklung der Energieträgerpreise

Die betriebswirtschaftliche Bewertung der netzgebundenen Wärmeversorgung erfordert die Annahme von Energiebezugspreisen für die ausgewählten Stützjahre 2015, 2030 und 2050. Die im Rahmen dieser Analyse verwendeten Energieträgerpreise sind in Tabelle 5 dargelegt. In der Tabelle sind neben den Energieträgerpreisen auch die Quellen für die Preise des Basisjahrs 2015 und den Entwicklungspfad angegeben. Bezüglich der Vergütung von Überschussstrom wurde eine Annahme

zum mittleren Wert des Überschussstroms getroffen. Für die Entwicklung der Vergütung der Geothermie wurde angenommen, dass diese aufgrund erheblicher technologischer Kostensenkungspotenziale bis 2050 um 40 % zurückgeht. Die Einspeisevergütung der KWK wird entsprechend der projizierten

Strompreise aus (vgl. Schlesinger et al. 2014) fortgeschrieben. Die zusätzliche Förderung der KWK sinkt bis 2050 bedingt durch den wettbewerbssteigernden Effekt des Ausschreibungsverfahrens um 10 %. Die Biomassepreise werden analog zur Entwicklung der Gaspreise fortgeschrieben. Die Preise für die thermische Verwertung von Müll werden bedingt durch einen angenommenen gesteigerten Wettbewerb aufgrund von Überkapazitäten bis 2050 um 25 % zurückgehen.

Für die Nutzung von Abwärme wird eine Vergütung von 2 EUR/MWh_{th} angenommen. Die Vergütung refinanziert die Transaktionskosten auf Seiten des Abwärmeerzeugers und bietet darüber hinaus einen ökonomischen Anreiz.

¹ Die wirtschaftliche Nutzungsdauer des Fernwärmesystems ist nicht die technische Lebensdauer. Hier sind die lokalen Entwicklungen mit einzubeziehen. Die Bezugsgröße werden aus der aktuellen AfA-Tabelle der bilanziellen Abschreibung hergeleitet. Die Kalkulation der wirtschaftlichen Nutzungsdauer ist also vor die Kalkulation der technischen Lebensdauer zu stellen.

ID	Energieträger	Preis in EUR ₂₀₁₅ /MWh			Quelle (Basisjahr, Entwicklung)
		2015	2030	2050	
Strom					
E.S.1	Kleinverbraucher (Haushalte/GHD)	290	284	268	BMWi 2015 Schlesinger et al. 2014
E.S.2	Mittelverbraucher (Industrie/GHD)	160	157	147	BMWi 2015 Schlesinger et al. 2014
E.S.3	Großverbraucher (Industrie)	110	117	110	BMWi 2015 Schlesinger et al. 2014
E.S.4	Überschuss	-10	-10	-10	Annahme
E.S.5	Einspeisevergütung Geothermie	252	208	150	EEG 2014, Annahme
E.S.6	EEX Börsenpreis	35	67	87	EEX 2015, Annahme
E.S.7	KWK Zuschlag	31	31	31	KWKG 2015, Annahme
E.S.8	Einspeisevergütung Biomasse < 5 MW _{el}	103	99	93	VBEW 2017, Annahme
Brennstoffe (Großverbraucher)					
E.B.1	Gas	30	48	58	BMWi 2015 Schlesinger et al. 2014
E.B.2	Biomasse	20	33	39	Mühlenhoff et al. 2014, Annahme
E.B.3	Müll	-22	-19	-16	NABU, Prognose 2009 Annahme
E.B.3	Abwärme	2	2	2	Annahme
*	Solarthermie	<i>nicht berücksichtigt, da Technologie keinen Brennstoff benötigt</i>			

Tabelle 5: Entwicklung der Energiebezugspreise für die Stützjahre 2015, 2030 und 2050

4 Effekte des Fernwärmeausbaus der 40/40-Strategie in den deutschen Kommunen bis zum Jahr 2050

In der Szenarioanalyse wird der Ausbaupfad der Fernwärmeversorgung anhand der vier beschriebenen Szenarien bewertet. Um den Aspekt des fluktuierenden Angebots von Wärme aus regenerativen Quellen (z. B. Solarthermie oder Biomasse) oder der Sektorkopplung mit dem Stromversorgung (z. B.

durch Elektrokessel oder Großwärmepumpen) adäquat abzubilden, wird das Erzeugungsportfolio in einer Einsatzoptimierung mit stündlicher Auflösung optimiert. Das Ziel der Optimierung ist die Minimierung der Wärmeerzeugungskosten.

4.1 Ergebnisse der Szenarioanalysen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Szenarioanalysen für die drei betrachteten Gemeindekategorien zusammengefasst. Hierbei wurde je Kategorie und Betrachtungsjahr der Ausbau der Fernwärme-

versorgung für die drei betrachteten Gemeindekategorien (s. Kapitel 2) Großstadt, Mittelstadt und Kleinstadt analysiert und bewertet.

4.1.1 Szenarioanalyse Großstadt

Die deutschen Großstädte mit mehr als 100.000 Einwohnern wurden im Jahr 2015 alle teilweise mit Fernwärme versorgt. Ein Potenzial zur Erschließung neuer Großstädte besteht folglich nicht. Allerdings besteht in Großstädten ein erhebliches Potenzial

zum Ausbau und der Verdichtung der bestehenden Netze (s. Abbildung 5). Diesbezüglich ist die die Entwicklung der Wärmenetze in Großstädten bis 2050 in Tabelle 6 angegeben.

Kategorie	Gemeindeklasse	Jahr		
		2015	2030	2050
Jahreshöchstlast [MW _{th}]	Bestandsnetz	151	266	275
Netzvorlauftemperaturen Winter/Sommer [°C]	Bestandsnetz	120/80	110/75	100/70
Verteilungskosten [EUR/MWh]	Bestandsnetz	35	41	43

Tabelle 6: Basisdaten zur Entwicklung des Modellnetzes in Großstädten

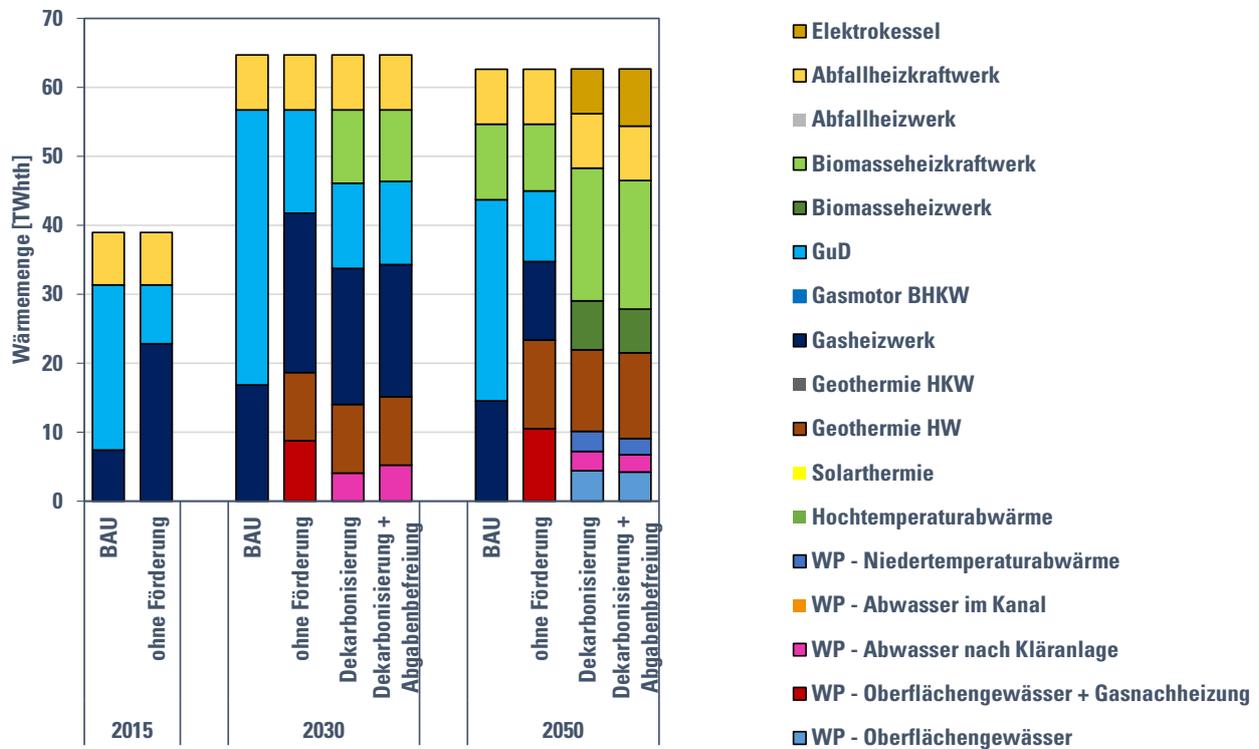


Abbildung 6: Entwicklung der Wärmeerzeugung für Wärmenetze der Gemeindekategorie Großstadt

Das Ergebnis der Szenarioanalyse für Großstädte wird im Folgenden erläutert. Das Jahr 2015 ist das Basisjahr der Betrachtung. In den Jahren 2030 und 2050 werden Stützjahre gerechnet. In Abbildung 6 ist die Entwicklung des Fernwärmeabsatzes und der Anteile der eingesetzten Erzeugungstechnologien dargestellt. In Abbildung 7 sind die spezifischen CO₂-Emissionen der Fernwärme sowie die mittleren gewichteten Wärmekosten frei Kunde aufgetragen.

Betrachtungsjahr 2015

Im Jahr 2015 wird ein bestehender Anlagenpark aus Abfall-KWK, Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk (GuD-Kraftwerk) und Gasheizwerk für die Fernwärmeerzeugung angenommen (s. Abbildung 6). Ohne die Förderung des KWK-Gesetzes wird der Einsatz der GuD-Kraftwerke deutlich reduziert. Wird keine Förderung durch das KWK-Gesetz angesetzt, so steigen die Wärmekosten von

67 auf 90 EUR/MWh_{th} (s. Abbildung 7). Die spezifischen CO₂-Emissionen der Fernwärme steigen durch den verstärkten Einsatz des Gaskessels von 96 g CO₂/kWh_{th} auf 144 g CO₂/kWh_{th}.

Betrachtungsjahr 2030

Im Szenario „BAU“ werden die Kapazitäten von GuD-Kraftwerken und Gaskesseln ausgebaut. Für die Abfall-KWK besteht aufgrund des limitierten Abfallaufkommens kein Potenzial zum weiteren Ausbau (s. Abbildung 6). Ohne die Förderung durch das KWK-Gesetz wird die GuD-Anlage kleiner dimensioniert. Aufgrund der steigenden Gaspreise wird der Einsatz von Geothermie und Wärmepumpen zukünftig wirtschaftlich interessant. Allerdings beschränkt sich deren wirtschaftlicher Einsatz auf die Deckung der Grundlast, weshalb der Gaskessel noch einen bedeutenden Anteil an der Versorgung hat. In den Szenarien zur Dekarbonisierung greifen die Limits

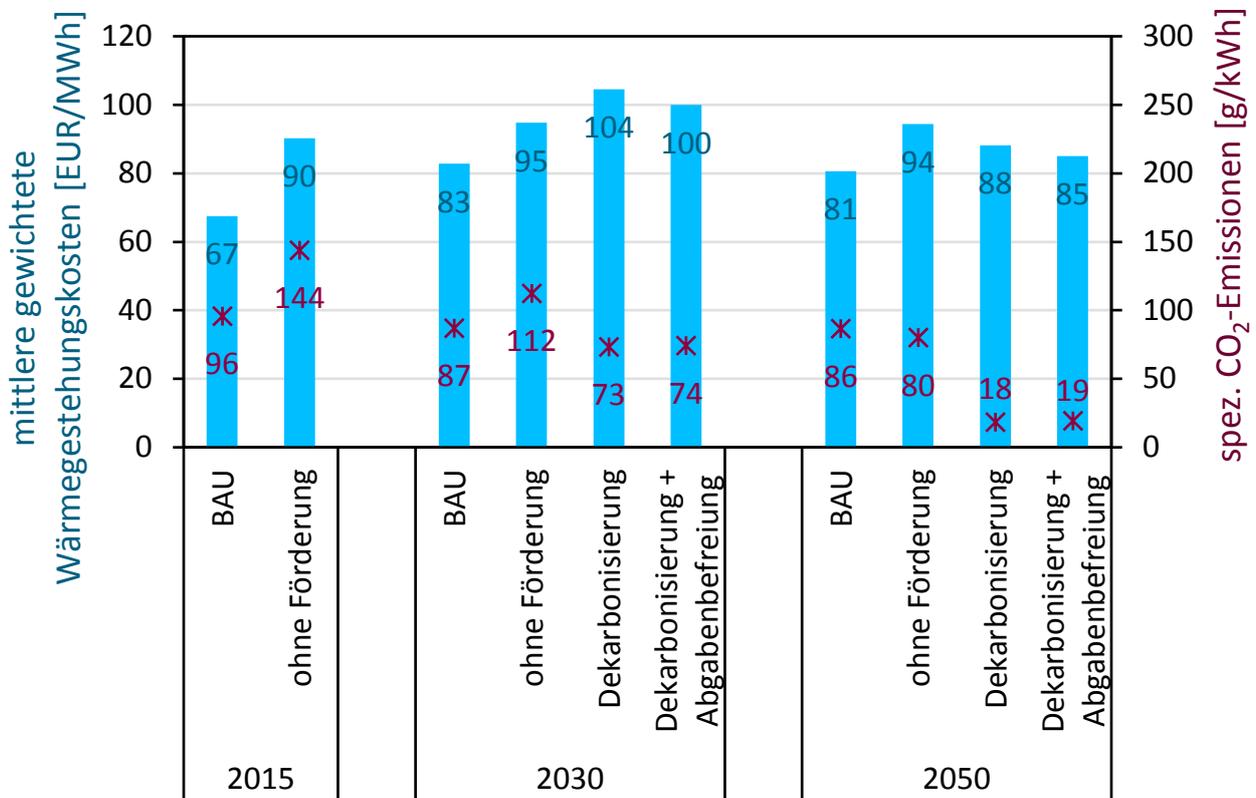


Abbildung 7: Entwicklung der Wärmegestehungskosten sowie der spezifischen CO₂-Emissionen in der Gemeindeklasse Großstadt

der spezifischen CO₂-Emissionen. Diese bewirken, dass eine Biomasse-KWK-Anlage eingesetzt werden muss, um den Zielpfad (s. Tabelle 4) nicht zu verlassen. Die Abgabenbefreiung hat einen geringen aber signifikanten Effekt auf den verstärkten Einsatz der Wärmepumpe. Die Unterschreitung des spezifischen CO₂-Limits von 80 g CO₂/kWh_{th} führt im Szenario „Dekarbonisierung“ zu Wärmebereitstellungskosten von 104 EUR/MWh_{th}. Die Abgabenbefreiung des Power2Heat-Stroms führt zu einer Reduktion der Wärmebereitstellungskosten um 4 EUR/MWh_{th}. Durch die rein ökonomische Ausbauentscheidung im Szenario „BAU“ wird das CO₂-Limit überschritten.

Betrachtungsjahr 2050

Im Jahr 2050 wird aufgrund gestiegener Gaspreise auch im Szenario „BAU“ der Einsatz einer Biomasse-KWK-Anlage wirtschaftlich attraktiv. Entsprechend werden Kapazitäten zugebaut. Gleiches gilt für das Szenario „BAU ohne Förderung“. Der Gaskessel wird in diesem Szenario weiter durch Geothermie, soweit vorhanden, und Wärmepumpen substituiert. Die Einhaltung des CO₂-Limits führt in den Szenarien zur Dekarbonisierung zu einer vollständigen Verdrängung des Energieträgers Gas. Zudem wird durch hohen Anteil fluktuierender regenerativer Energien in der Stromerzeugung der Einsatz von Elektrodes-

seln attraktiv. Der Effekt kommt durch ein regelmäßiges Stromangebot zu Spotmarktpreisen nahe null zu Stande. Da im Szenario „Dekarbonisierung“ eine Flexibilisierung des Strompreises angenommen wird können Power2Heat-Anwendungen von diesen geringen Strompreisen profitieren. Durch eine Abgabenbefreiung des Power2Heat-Stroms wird die Nutzung des Elektrokessels noch verstärkt. Zudem werden in beiden Szenarien zur Dekarbonisierung industrielle Abwärmequellen erschlossen. Die eingesetzten Wärmepumpen nutzen Abwasser und Oberflächengewässer als Wärmequellen. Auf diese Weise werden in den Szenarien zur Dekarbonisierung die spezifischen CO₂-Emissionen von weniger als 20 g CO₂/kWh_{th} erreicht. Das Limit der spezifischen Emissionen wird in Großstädten unterschritten, um

die gesetzten Limits in der Gesamtbetrachtung aller fernwärmeversorgten Gemeinden zu erreichen.

In Großstädten wird die CO₂-Reduktion durch die größere Auswahl geeigneter Technologien erleichtert. Biomasse-KWK-Anlagen sind beispielsweise für kleine Wärmenetze mit geringer Leistung nicht verfügbar. In der Betrachtung der Wärmekosten zeigt sich, dass sich die frühzeitige Fokussierung auf regenerative Erzeugungstechnologien in den Szenarien zur Dekarbonisierung langfristig auszahlt. Gegenüber dem Szenario „BAU ohne Förderung“ können Einsparungen von 6 bis 9 EUR/MWh_{th} erreicht werden. Verantwortlich für diesen Effekt ist im Wesentlichen die angenommene Preissteigerung für fossile Energieträger.

4.1.2 Szenarioanalyse Mittelstadt

Die Mittelstädte sind für den Ausbau der Fernwärmeversorgung von großer Bedeutung. Dem Ausbaupfad der 40/40-Strategie (s. Abbildung 5) folgend wird die Fernwärmemenge in den Mittelstädten um den Faktor 2,4 anwachsen. Die Anzahl der versorgten Gemeinden dieser Stadtkategorie steigt von 481 auf 619. Es werden folglich sowohl bestehende Netze ausgebaut als auch neue Städte mit einer Fernwärmeversorgung erschlossen werden müssen. Daher werden in der Analyse der Mittelstädte je ein Modellnetz für Bestandswärmenetze und ein Modellnetz für die Neuerschließung eines Wärmenetzes betrachtet. Die Basisparameter beider Modellnetze sind in Tabelle 7 zusammengefasst. In neu erschlossenen Netzen können geringere Temperaturen gefahren werden. In den Bestandsnetzen findet ein erheblicher Ausbau der Wärmeerzeugungskapazität

ten statt. In den Neuerschließungen ist der Ausbau verhalten, da davon auszugehen ist, dass es sich bei den neu erschlossenen Gemeinden um die weniger attraktiven Standorte handelt. Die Ergebnisse dieser Betrachtung sind im Folgenden aggregiert für die Gemeindekategorie Mittelstadt angegeben, woraus sich unterschiedliche Analysen für 2030 und 2050 ableiten lassen.

Betrachtungsjahr 2015

Die Wärmeerzeugung erfolgte im Jahr 2015 über BHKWs und Gaskessel (s. Abbildung 8). Im Szenario „BAU“ decken die BHKWs die Grundlast. Der Gaskessel kommt zur Deckung der Spitzenlast zum Einsatz. Ohne die KWK-Förderung reduziert sich der Einsatz der BHKWs. Der Gaskessel deckt größere Teile des Wärmebedarfs ab. Die resultierenden

Kategorie	Gemeindeklasse	Jahr		
		2015	2030	2050
Jahreshöchstlast [MW_{th}]	Bestandsnetz	13	38	41
	Neuerschließung		17	18
Netzvorlauftemperaturen Winter/Sommer [$^{\circ}C$]	Bestandsnetz	120/80	110/75	100/70
	Neuerschließung		90/70	75/60
Verteilungskosten [EUR/MWh]	Bestandsnetz	40	42	43
	Neuerschließung		40	45

Tabelle 7: Rahmendaten zur Charakterisierung der Versorgungsaufgabe in Mittelstädten

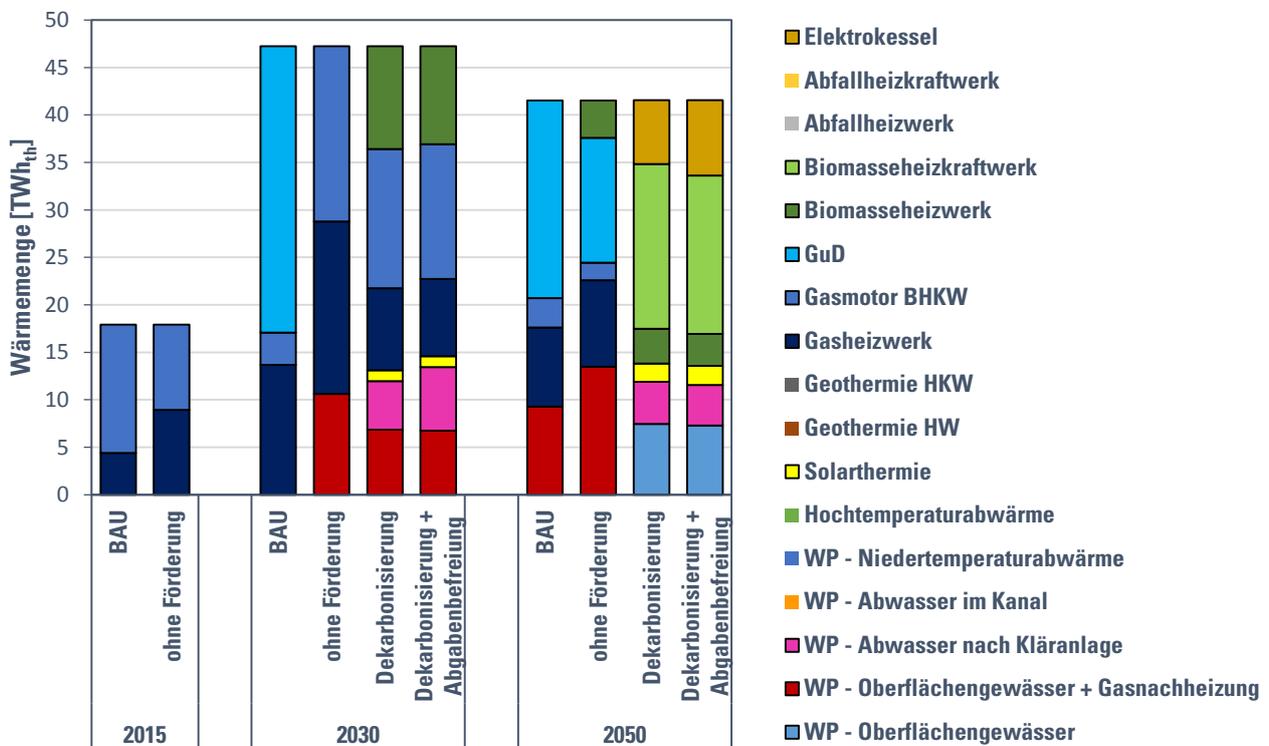


Abbildung 8: Entwicklung der Wärmeerzeugung für Wärmenetze in der Gemeindekategorie Mittelstadt

Effekte auf die Wärmekosten und die spezifischen CO₂-Emissionen der Fernwärmeversorgung sind in Abbildung 9 dargestellt. Die Wärmekosten steigen von 76 auf 99 EUR/MWh_{th} und die spezifischen CO₂-Emissionen der Fernwärme steigen von 96 auf 144 g CO₂/kWh_{th}.

Betrachtungsjahr 2030

Bis zum Jahr 2030 werden die Bestandsnetze stark ausgebaut. Die gesteigerte Wärmeleistung ermöglicht nun die Nutzung von GuD-Anlagen. Im Szenario „BAU“ werden diese Anlagen in Bestandsnetzen zugebaut. Neuerschlossene Netze werden über BHKWs versorgt. Ohne Fördermaßnahmen im Szenario „BAU ohne Förderung“ ist ein ähnlich starker Ausbau der KWK wirtschaftlich nicht zu rechtfertigen. Aufgrund steigender Gaspreise, werden Wärmepumpen zugebaut, die Oberflächengewässer (Flüsse, Seen, Meere) als Wärmequelle nutzen. In beiden Szenarien sinken die spezifischen CO₂-Emissionen der Fernwärme nicht. Die Wärmekosten steigen auf 92 bzw. 108 EUR/MWh_{th}. Der Anstieg der Kosten ist Begründet durch die hohen Investitionen in neue Erzeugungsanlagen und Verteilnetze, die zu Beginn niedrige und später wachsende Anschlussdichte sowie die steigenden Gaspreise. In den Szenarien zur Dekarbonisierung müssen die spezifischen CO₂-Emissionen unter das Limit des Zielpfades (s. Tabelle 4) gesenkt werden. Um dieses zu erreichen werden in Mittelstädten Wärmepumpenanlagen, Biomassekessel und Solarthermieanlagen eingesetzt. Solarthermische Fernwärmeerzeugung ist flächenintensiv und daher deren Wirtschaftlichkeit sehr abhängig von den Bodenpreisen. Anders als in Großstädten sind in Mittelstädten nutzbare Flächen zu vergleichsweise geringen Bodenpreisen anzutreffen. Die Wärmekosten steigen durch die verstärkte Nutzung regenerativer Energien auf 108 bzw. 111 EUR/MWh_{th}. Die Abgabenbefreiung des Power-

2Heat-Stroms führt zu einer stärkeren Nutzung der Wärmepumpen und wirkt kostensenkend.

Betrachtungsjahr 2050

In der Periode 2030 bis 2050 ist die verkaufte Fernwärmemenge leicht rückläufig. Grund hierfür ist die Modernisierung des Gebäudebestands und die Klimaanpassungseffekte. Durch die weitere Erschließung neuer Quartiere mit Fernwärme wird die Abnahme des Wärmebedarfs zum Teil kompensiert. Im Szenario „BAU“ werden im Jahr 2050 aufgrund der gestiegenen Gaspreise Wärmepumpen zugebaut. Ohne die KWK-Förderung erreicht die KWK geringere Laufzeiten. Aufgrund der gestiegenen Gaspreise ist der Einsatz des Gaskessels auf die Spitzenlastfälle begrenzt, da die Grenzkosten der Wärmeerzeugung über denen anderer Technologien liegen. Zudem wird ein Biomassekessel eingesetzt. Die Wärmekosten sinken in den Szenarien „BAU“ und „BAU ohne Förderung“ um je 2 EUR/MWh_{th} gegenüber dem Jahr 2030. Die spezifischen CO₂-Emissionen verbleiben im Szenario „BAU“ auf dem Niveau von 2015. In den Szenarien zur Dekarbonisierung erfordert die Einhaltung des spezifischen CO₂-Limits die vollständige Substitution des Energieträgers Erdgas. Es werden daher Biomasse-KWK-Anlagen und Elektrokessel zugebaut. Elektrokessel nutzen günstigen Strom in Überschusszeiten und sichern die Spitzenlast ab. Zudem wird die Nutzung der Solarthermie ausgeweitet. Hingegen ist eine saisonale Speicherung der Solarwärme aus ökonomischer Sicht nicht sinnvoll. Durch den frühzeitig eingeleiteten Umbau der Wärmeversorgung auf regenerative Energiequellen und die Nutzung von Power2Heat-Technologien werden im Jahr 2050 spezifische Wärmepreise von 96 bzw. 92 EUR/MWh_{th} erreicht. Damit liegen die Preise der beiden Szenarien zur Dekarbonisierung 6 bzw. 2 EUR/MWh_{th} über denen des Szenarios „BAU“

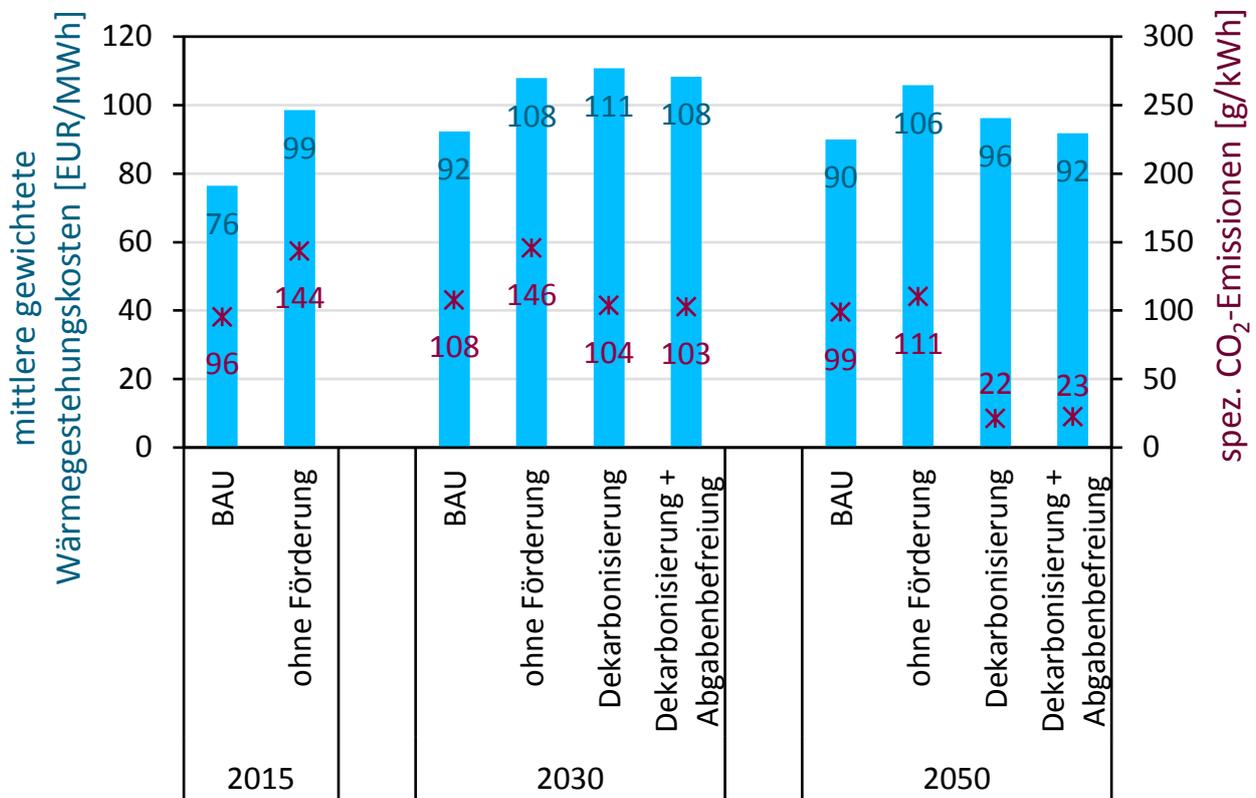


Abbildung 9: Entwicklung der Wärmegestehungskosten sowie der spezifischen CO₂-Emissionen in der Gemeindeklasse Mittelstadt

Kategorie	Gemeindeklasse	Jahr		
		2015	2030	2050
Jahreshöchstlast [MW _{th}]	Bestandsnetz	3	5	5
	Neuerschließung		5	5
Netzvorlauftemperaturen Winter/Sommer [°C]	Bestandsnetz	90/70	80/60	65/55
	Neuerschließung		70/55	60/50
Verteilungskosten [EUR/MWh]	Bestandsnetz	40	42	35
	Neuerschließung		45	45

Tabelle 8: Rahmendaten zur Charakterisierung der Versorgungsaufgabe in Kleinstädten

4.1.3 Szenarioanalyse Kleinstadt

In Kleinstädten wird der Fernwärmeabsatz im Betrachtungszeitraum um den Faktor 1,7 ausgebaut (s. Abbildung 5). Die Zahl der versorgten Gemeinden steigt von 1.421 im Jahr 2015 auf 3.157 im Jahr 2050. Wie in der Betrachtung der Großstädte wird in der Analyse der Kleinstädte zwischen Bestandsnetzen und Neuerschließungen differenziert. In Tabelle 8 sind die Basisdaten der Modellnetze in Kleinstädten zusammengefasst. Die Ergebnisse der Analyse sind in Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt.

Betrachtungsjahr 2015

Im Jahr 2015 erfolgt die Wärmeversorgung in den betrachteten Kleinstädten über BHKWs und Gaskessel (s. Abbildung 10). Wie auch in den anderen Gemeindeklassen führt die Streichung der KWK-Förderung zu einer Reduktion der Betriebszeiten des BHKW. Die Wärmekosten betragen im Szenario „BAU“ 98 EUR/MWh_{th}. Ohne Förderung sind es

123 EUR/MWh_{th}. An den Wärmekosten ist im Vergleich mit Groß- und Mittelstädten deutlich zu erkennen, dass die geringeren Leistungen der Erzeugungsanlagen zu spezifisch höheren Kosten führen. Die spezifischen CO₂-Emissionen betragen 79 bzw. 35 g CO₂/kWh_{th} (s. Abbildung 1).

Betrachtungsjahr 2030

Im Szenario „BAU“ werden die KWK Kapazitäten ausgebaut. Ebenso im Szenario „BAU ohne Förderung“. Die spezifischen Wärmebereitstellungskosten steigen auf 107 bzw. 131 EUR/MWh_{th}. Die spezifischen CO₂-Emissionen verharren in etwa auf dem Niveau von 2015. In den Szenarien zur Dekarbonisierung erzwingt die Einhaltung des Zielpfads die Nutzung von Biomasse, Solarthermie und Abwasserwärmepumpen. Die spezifischen Wärmebereitstellungskosten liegen in diesen Szenarien bei 131 bzw. 133 EUR/MWh_{th} und sind damit kaum

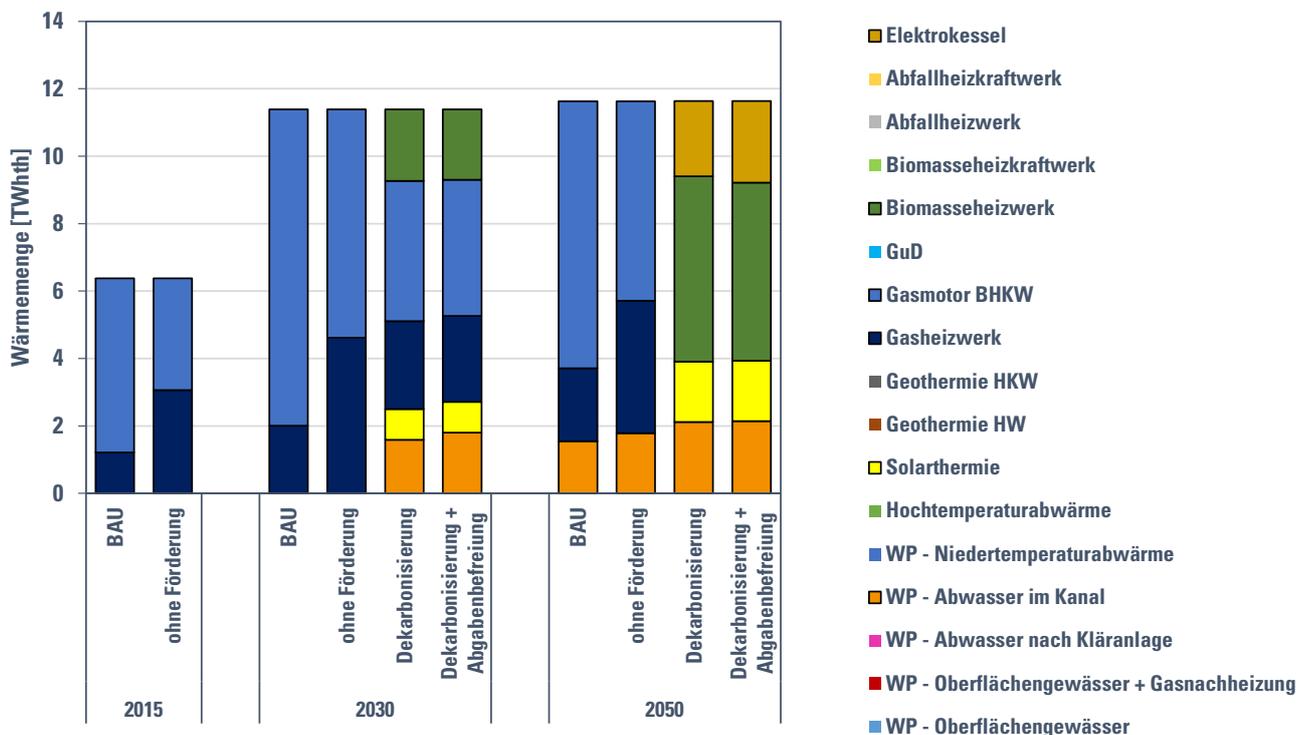


Abbildung 10: Entwicklung der Wärmeerzeugung für Wärmenetze in der Gemeindekategorie Kleinstadt

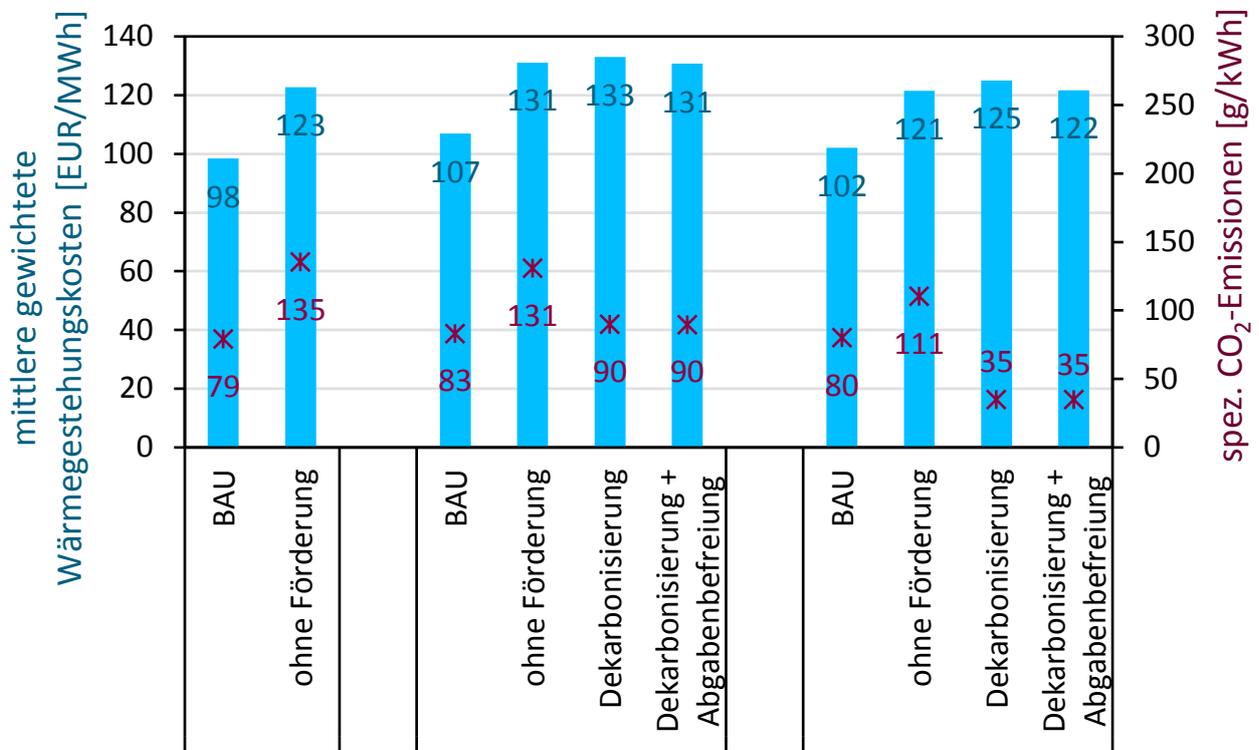


Abbildung 11: Entwicklung der Wärmegestehungskosten sowie der spezifischen CO₂-Emissionen in der Gemeindeklasse Kleinstadt

höher, als in der vorwiegenden Nutzung fossiler Energieträger im Szenario „BAU“. Die spezifischen CO₂-Emissionen liegen in den Szenarien zur Dekarbonisierung am gesetzten Limit. Aufgrund des vergleichsweise geringen Wärmeabsatzes und der geringen Wärmeleistung steht in Kleinstädten nur eine kleine Auswahl an Technologien zur Verfügung. Beispielsweise können Biomasse-KWK-Anlagen in der benötigten Leistungsklasse kleiner 2 MW_{th} nicht wirtschaftlich angeboten werden.

Betrachtungsjahr 2050

Im Jahr 2050 werden in allen Szenarien Abwasserwärmepumpen eingesetzt. Andere Wärmequellen (z. B. Flüsse oder Abwärme) stehen in der Modellbetrachtung nicht in benötigtem Ausmaß zur Verfügung. Im Szenario „BAU“ wird zudem das BHKW

vergrößert. Im Szenario „BAU ohne Förderung“ wird ebenfalls das BHKW vergrößert. Bedingt durch die fehlende KWK-Förderung sind die Laufzeiten allerdings reduziert, so dass die Wärmepumpe verstärkt genutzt wird. Um die spezifischen CO₂-Limits zu erreichen werden in den Szenarien zur Dekarbonisierung die Nutzung von Biomassekesseln und die Solarthermie ausgebaut. Zudem werden Elektrokessel berücksichtigt, um Perioden mit günstigen Strompreisen nutzen zu können und die Spitzenlast abzusichern. Die spezifischen Wärmebereitstellungskosten liegen in den Szenarien zur Dekarbonisierung mit 122 bzw. 125 EUR/MWh_{th} nur unwesentlich über denen des Szenarios „BAU ohne Förderung“. Die spezifischen CO₂-Emissionen können allerdings auf 35 g CO₂/kWh_{th} gesenkt werden.

4.2 Beitrag zur Erreichung der Wärmewende auf lokaler Ebene

Zur Erreichung der Ziele der Wärmewende muss der Einsatz fossiler Energieträger zwingend abnehmen. Dagegen trägt der Einsatz der Fernwärme unter Verwendung erneuerbaren Energien zur Emissionsreduktion bei. Fernwärmesysteme sind in Bezug auf den Energieträger höchst flexibel. Sie ermöglichen den Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmemarkt in Größenordnung. Die betrachteten Szenarien zur Dekarbonisierung für alle drei Gemeindekategorien zeigen auf, dass eine Umstellung der Fernwärme von fossilen hin zu erneuerbaren Energieträgern bis 2050 möglich ist (s. Abbildungen 6, 8 und 10). Damit kann die Fernwärme einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Emissionsreduktionsziele der Bundesregierung leisten.

In der aggregierten Betrachtung der CO₂-Emissionen in Abbildung 12 kann allein durch das Szenario „De-

karbonisierung“ der 40/40-Strategie in Verbindung mit der energetischen Gebäudesanierung das Treibhausgasemissionsziel im Gebäudebereich erreicht werden. Gegenüber dem Referenzjahr 1990 können die CO₂-Emissionen mit energetischer Gebäudesanierung und 40/40-Strategie um 80 % reduziert werden. Weitere Maßnahmen im Gebäudebereich schaffen demnach sogar Spielräume zur Erreichung des Maximalziels von 95 % Treibhausgaseinsparungen.

Allerdings geht eine Umstellung der Fernwärmeversorgung auf erneuerbare Energieträger einher mit Investitionen und höheren Wärmegestehungskosten in der Ausbauphase. Sowohl die Investitionssummen als auch die Wärmegestehungskosten gehen nach dem Ausbau ab 2030 wieder zurück. In den folgenden Kapiteln werden daher die wirtschaftlichen Effekte der 40/40-Strategie betrachtet.

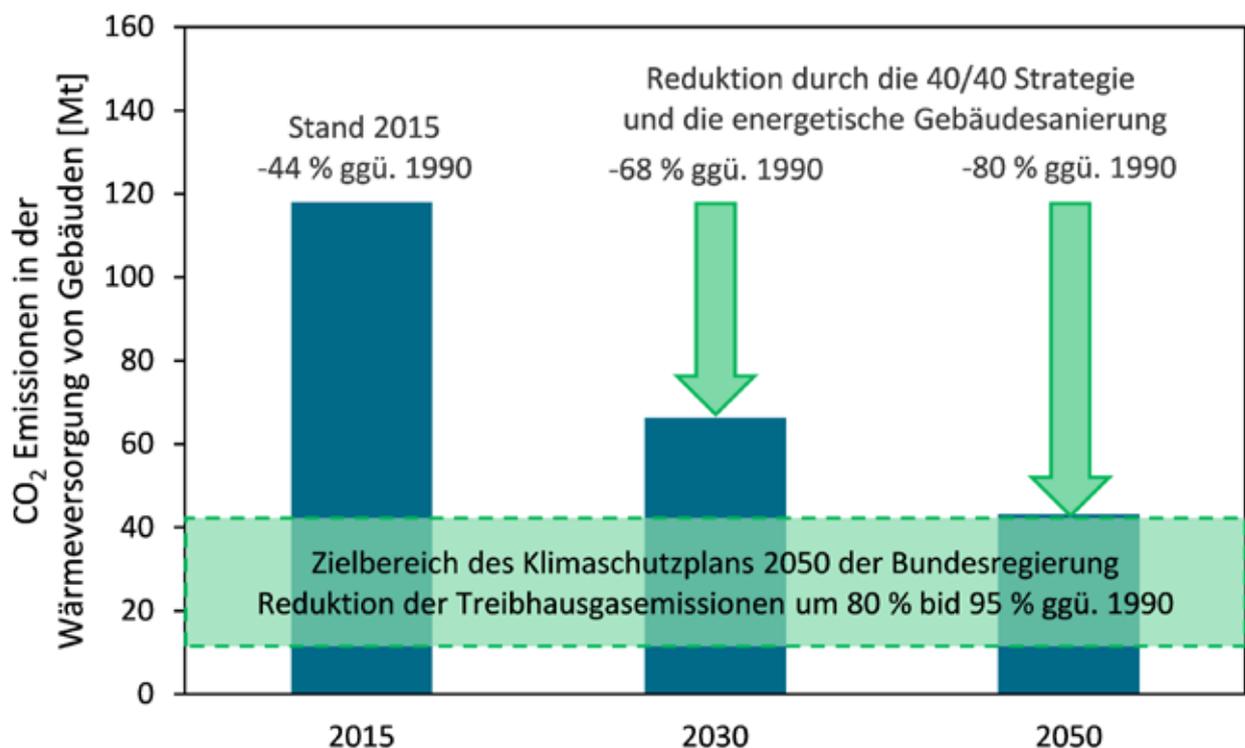


Abbildung 12: Entwicklung der CO₂-Emissionen im Szenario „Dekarbonisierung“ der 40/40-Strategie

4.3 Betriebswirtschaftliche Effekte der Umsetzung der 40/40-Strategie

Die deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen (s. Abbildung 12) ist mit höheren Kosten in der Fernwärmeversorgung verbunden. Für die Verlegung von Wärmenetzen und den Ausbau der Wärmeerzeugungskapazitäten müssen Investitionen getätigt werden. Mit der 40/40-Strategie wird eine Fernwärmeinfrastruktur geschaffen, die es ermöglicht die gesteckten Klimaziele im Gebäudebereich zu erreichen und die politisch gesteckten Energie- und Klimaschutzziele der Energiewende zu erreichen.

Durch die Langlebigkeit der Technologie zahlt sich die Investition langfristig aus. In Abbildung 13 sind der mittlere gewichtete Fernwärmepreis sowie der anlegbare Wärmepreis aufgetragen. Es ist zu erkennen, dass sich der Fernwärmepreis langfristig dem anlegbaren Wärmepreis annähert. Aus der Preisdifferenz und dem Ausbaupfad der Wärmenetze folgt die Wirtschaftlichkeitslücke² der 40/40-Strategie.

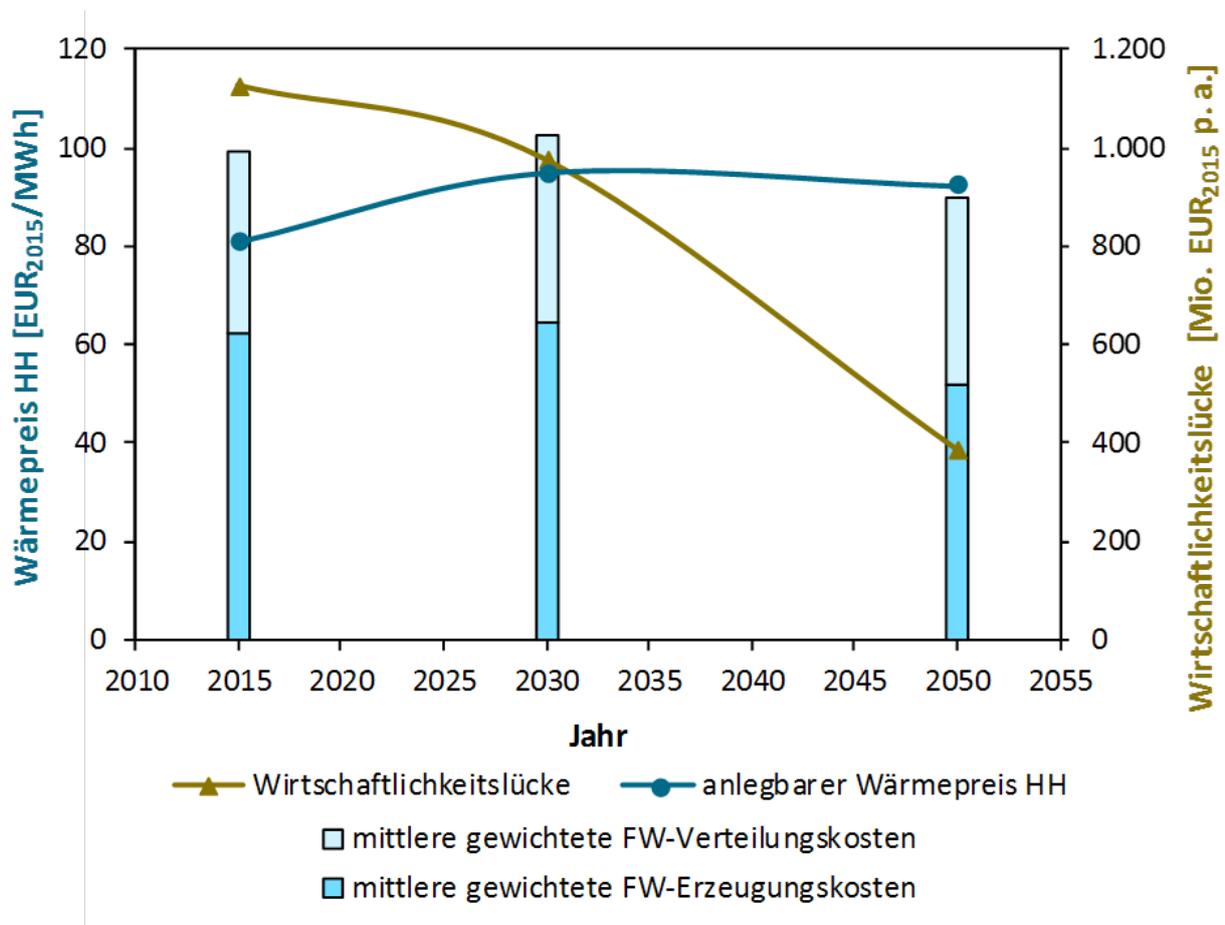


Abbildung 13: Wirtschaftlichkeitslücke in der Durchführung der 40/40-Strategie

² Die Berechnung erfolgt nach den Kennzahlen der AGFW-Regelwerksbausteine Arbeitsblatt AGFW FW 703 und Arbeitsblatt AGFW FW 704.

Für die Durchführung der Strategie ist zu Beginn im Zuge des starken Ausbaus der Fernwärme bis 2030 ein Investitionsanreiz von ca. 1 Mrd. EUR pro Jahr nötig. Langfristig kommt die Dividende der Investition zum Tragen, so dass die Wirtschaftlichkeitslücke bis 2050 auf 400 Mio. EUR pro Jahr sinkt.

In Abbildung 14 ist aufgezeigt wie sich die Wirtschaftlichkeitslücke den betrachteten Gemeindeklassen zuordnen lässt. Angenommen diese Wirtschaftlichkeitslücke würde im Rahmen eines

Förderprogramms für Wärmenetze durch eine Förderung kompensiert werden, so kämen die Mittel zunächst allen Stadtkategorien im gleichen Maße zu. Mit dem weiteren Ausbau der Fernwärme in Mittel- und Kleinstädten würde die Förderung in den Folgejahren verstärkt den Mittel- und Kleinstädten zu Gute kommen. Der resultierende Effekt wäre die Stärkung des regionalen Raums und der regionalen Wertschöpfung. Ein zentraler Synergieeffekt der 40/40-Strategie, wie im Folgenden ausgeführt wird.

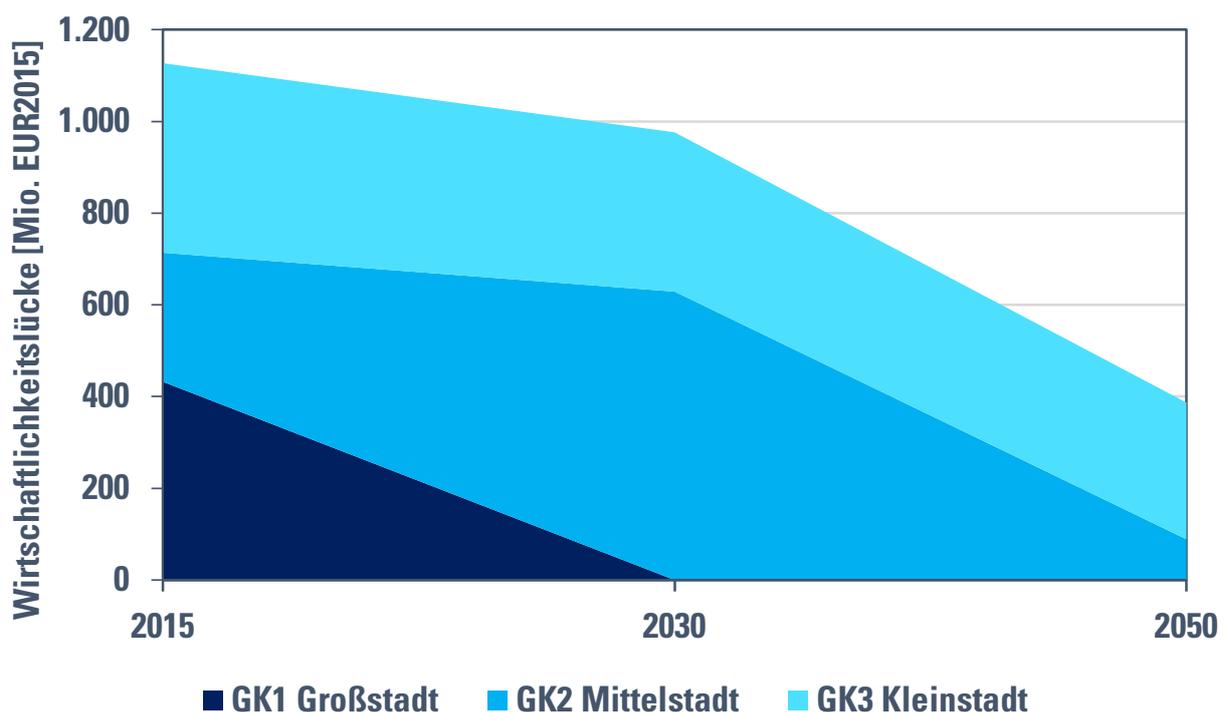


Abbildung 14: Wirtschaftlichkeitslücke der 40/40-Strategie nach Gemeindeklassen

5 Beitrag des Fernwärmeausbaus zur regionalen Wertschöpfung

Eine Region oder eine Stadt profitiert von der Nutzung der Ressourcen in ihrem Gebiet – das ist der Grundgedanke der regionalen Wertschöpfung. Die Bereitstellung der Ressource Energie durch den Bau und den Unterhalt der Energieversorgungsinfrastruktur ist Teil der Daseinsvorsorge in den Städten und ein erheblicher Wirtschaftsfaktor.

Mit der 40/40-Strategie entwickelt der AGFW eine ambitionierte Perspektive für den Fernwärmeausbau in Deutschland als Beitrag zur Sicherung der Energieversorgung und zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. In der Praxis stehen Stadtwerke, Energieversorger, städtische Verwaltung und politische Entscheidungsträger vor der Aufgabe, den Ausbau der Fernwärmeinfrastruktur in der Stadtgesellschaft zu vermitteln. Positive Effekte für die regionale Wertschöpfung können dabei eine wichtige Argumentationshilfe bieten und die Akzeptanz verbessern.

Regionale Wertschöpfung meint hier die direkte und indirekte Wertschöpfung in Euro entlang regionaler Wertschöpfungsstufen der Fernwärmeerzeugung und -verteilung. Dazu zählen die erzielten Gewinne (nach

Steuern) der beteiligten Unternehmen, Nettoeinkommen der beteiligten Beschäftigten und die auf Basis der betrachteten Wertschöpfungsschritte gezahlten kommunalen Steuern (s. Abbildung 15). Darüber hinaus bewertet die vorliegende Studie, der mit dem Ausbau verbundenen Arbeitplatzeffekte.

Grundlage für die Berechnung der regionalen Wertschöpfung sind die regional erbrachten Umsätze entlang des Fernwärmeversorgungsprozesses. Zunächst werden die betrieblichen Umsätze entlang der Wertschöpfungsstufen Installation, Betrieb sowie Wartung und Instandhaltung berechnet (s. Abbildung 16). Eine Einschätzung der lokalen Verfügbarkeit der erforderlichen Leistungen in den Branchen Energieversorgung, Planungs- und Ingenieurbüros, Tiefbau und vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe ermöglicht die Ermittlung der prozentualen, regionalen Umsatzanteile. Für diese regionalen Umsatzanteile wird schließlich die regionale Wertschöpfung entlang der Wertschöpfungsstufen und die beteiligten Branchen berechnet.



Abbildung 15: Das Modell der direkten und indirekten Wertschöpfung

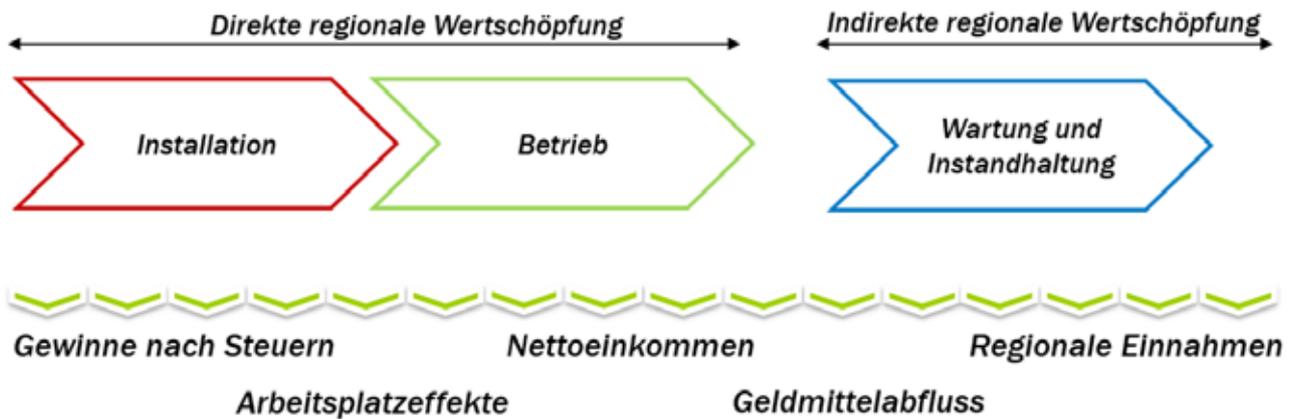


Abbildung 16: Die Wertschöpfungsprozesse im Überblick

5.1 Von der Modellkommune zum Deutschlandtrend

Die Berechnung der regionalen Wertschöpfung erfolgt auf Grundlage der Projektbeispiele (s. Kapitel 2.1) in den untersuchten Gemeindekategorien. Um Rückschlüsse für die bundesweit angelegte 40/40-Strategie ziehen zu können, werden die Wertschöpfungseffekte für den bundesweiten Fernwärmeausbau hochgerechnet. Die Hochrechnung geht davon aus, dass Städte, die bereits über eine Fernwärmeversorgung verfügen, diese weiter bis zu den, in der 40/40-Strategie formulierten Zielen ausbauen und darüber hinaus Städte in den Aufbau einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung mit Fernwärme einsteigen und diese ebenfalls bis zu den Ausbauzielen vorantreiben.

Beschrieben wird an dieser Stelle das Entwicklungsszenario zur Dekarbonisierung als „Deutschlandtrend“ der Fernwärmeversorgung. Dieses Szenario

deckt sich mit dem Klimaschutzziel zur Reduktion der Treibhausgase um 95 % bis zum Jahr 2050. Die unterstellten Veränderungen im Erzeugungsmix in Abhängigkeit bundesdeutscher technologischer und energiewirtschaftlicher Entwicklungstrends beschreibt Kapitel 4.

Durch dieses Vorgehen werden Kenndaten der regionalen Wertschöpfung für unterschiedliche Betrachtungsebenen gebildet, auf deren Grundlage Rückschlüsse für die 40/40-Strategie gezogen werden.

Das Modell berechnet neben den Wertschöpfungseffekten auch die spezifischen, sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten in Vollzeitäquivalenten für die jeweiligen Ausbauszenarien (s. Tabelle 9) auf Grundlage von Auswertungen des statistischen Bundesamtes (vgl. Destatis 2012a, 2012b, 2014).

NACE	Wirtschaftszweig	Mitarbeiter pro 1 Mio. € Umsatz
35	Energieversorger	0,41
42	Tiefbau	6,96
43	Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstiges Ausbaugewerbe	8,86
71	Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung	8,83

Tabelle 9: Mitarbeiter pro 1 Millionen Euro Umsatz nach Wirtschaftszweig

Die Berechnung zeigt also, wie viele Vollzeitäquivalente (VZÄ), bezogen auf die regionalen Umsätze umgesetzt werden können. Eine Quantifizierung der **zusätzlich** geschaffenen Arbeitsplätze findet nicht explizit statt. Die im Folgenden beschriebenen Szenarien lassen daher nur eine überschlägige Einschätzung der Arbeitsplatzeffekte zu, indem die Dif-

ferenz der VZÄ der Ausgangssituation und der VZÄ in den Stützjahren abgelesen werden können. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass Steigerungen bei den Vollzeitäquivalenten auch durch Überstunden ausgeglichen werden können, also nicht automatisch zur Schaffung neuer Arbeitsstellen führen.

5.2 Regionale Wertschöpfung im Szenario „Dekarbonisierung“

Damit die Dekarbonisierungsziele der 40/40-Strategie für gesamt Deutschland erreicht werden können, sind auf Grundlage der getroffenen Annahmen in den Szenarien Investitionen in Höhe von circa 11,5 Milliarden Euro pro Jahr erforderlich. Darin enthalten sind Investitionen in die Wärmeerzeugung, die Wärmeverteilung und die Übergabe in den Gebäuden. Die Investitionen lösen im Mittel regional wirksame Umsätze in einer Höhe von 60 Milliarden Euro aus (s. Abbildung 17).

Die regional wirksamen Umsätze bewirken eine mittlere regionale Wertschöpfung in einer Höhe von insgesamt circa 5,7 Milliarden Euro pro Jahr. Davon entfallen 44 % auf die Wertschöpfungsstufe Installation, 19 % auf Wartung und Instandhaltung sowie 37 % auf die Wertschöpfungsstufe Betrieb. Hinsichtlich der untersuchten Gemeindekategorien fließt mit 44 % der größte Anteil der regionalen Wertschöpfung in die Mittelstädte. Hier gibt es das größte Ausbaupotenzial, sowohl durch die Anzahl neu zu erschließender

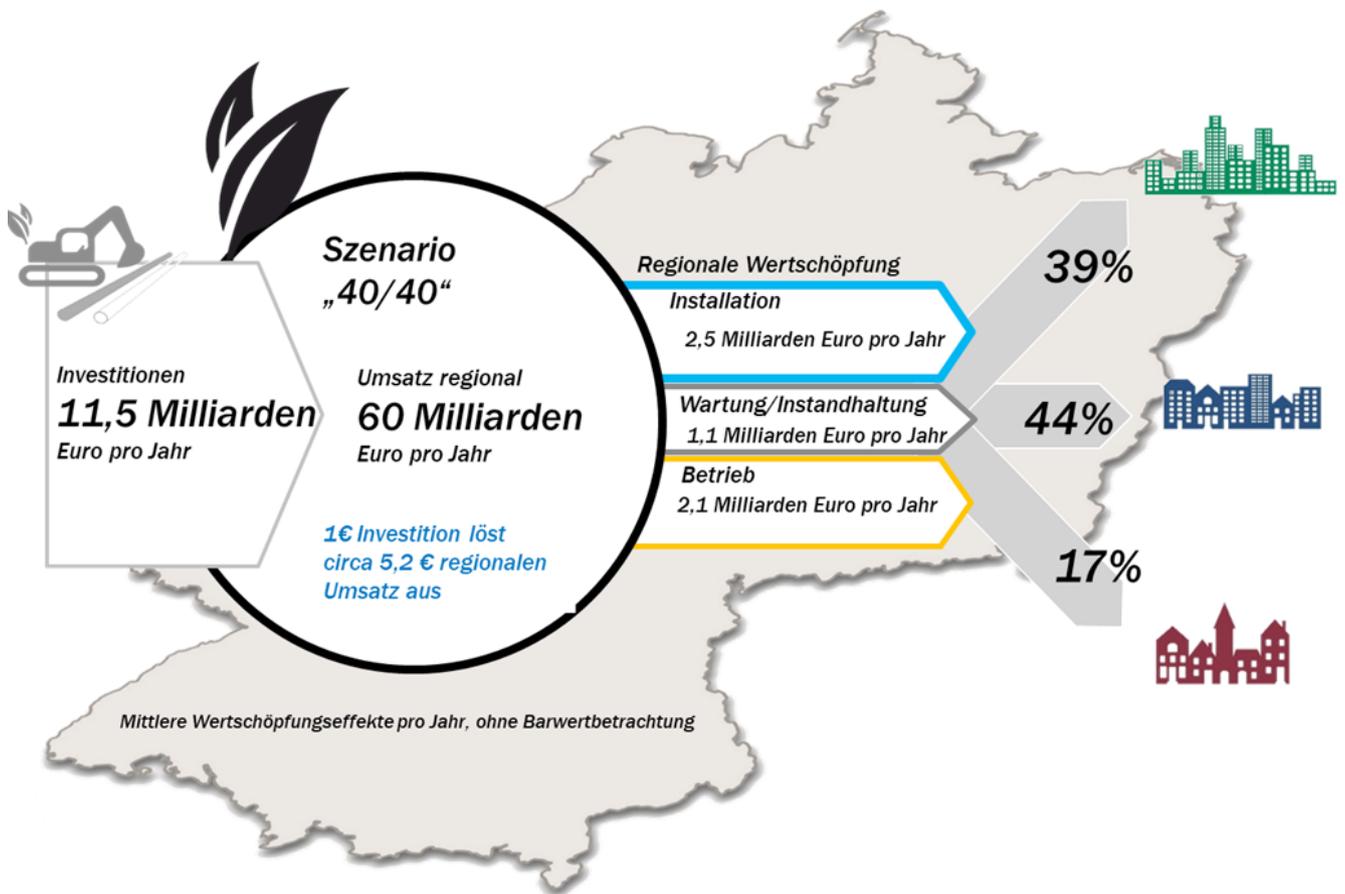


Abbildung 17: Mittlere Wertschöpfungseffekte in Deutschland

Städte als auch im vergleichsweise hohen Fernwärmeanschlusspotenzial. Circa 39 % der Wertschöpfung geht in die Großstädte. Die Großstädte verfügen insgesamt über das größte Fernwärmeanschlusspotenzial. Gleichzeitig verfügen bereits alle Großstädte über eine leitungsgebundene Wärmeerzeugung, so dass kein zusätzliches Potenzial durch die Erschließung neuer Städte existiert. Erwartungsgemäß ist in den Kleinstädten der Anteil der Wertschöpfung mit 17 % am geringsten. Hier gibt es zwar ein hohes Potenzial für neu zu erschließende Städte, gleichzeitig

ist der erschließbare Anschlussgrad auf Grund der geringeren Siedlungsdichte am niedrigsten.

Die Abbildungen 18 - 20 zeigen die zeitlichen Verläufe der Gewinne nach Steuern, die Nettoeinkommen sowie die kommunalen Einnahmen für die beteiligten Branchen bis zum Jahr 2050. Zusätzlich zeigt die Abbildung die Entwicklung der Barwerte bei einem angenommenen Zinssatz von 5 %. Der Barwert zeigt den Wert der zukünftigen Wertschöpfung in der Gegenwart an.

Regionale Wertschöpfung - Gewinn nach Steuern (Dekarbonisierung)

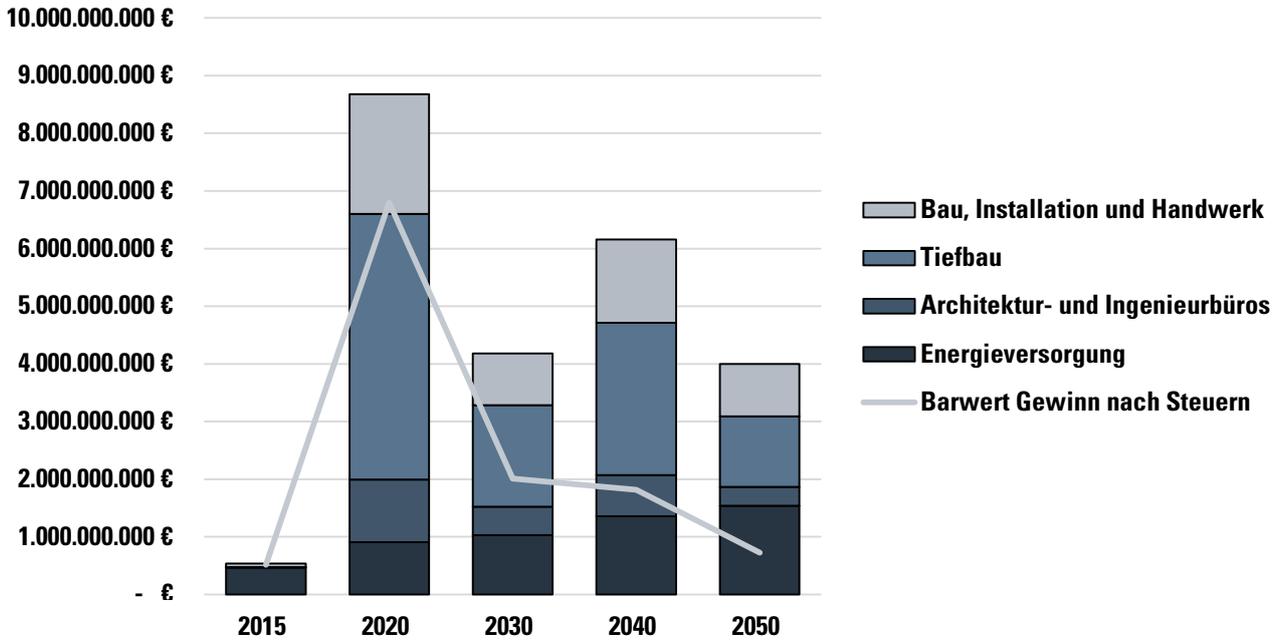


Abbildung 18: Entwicklung der Gewinne nach Steuern im Szenario „Dekarbonisierung“

Regionale Wertschöpfung - Nettoeinkommen (Dekarbonisierung)

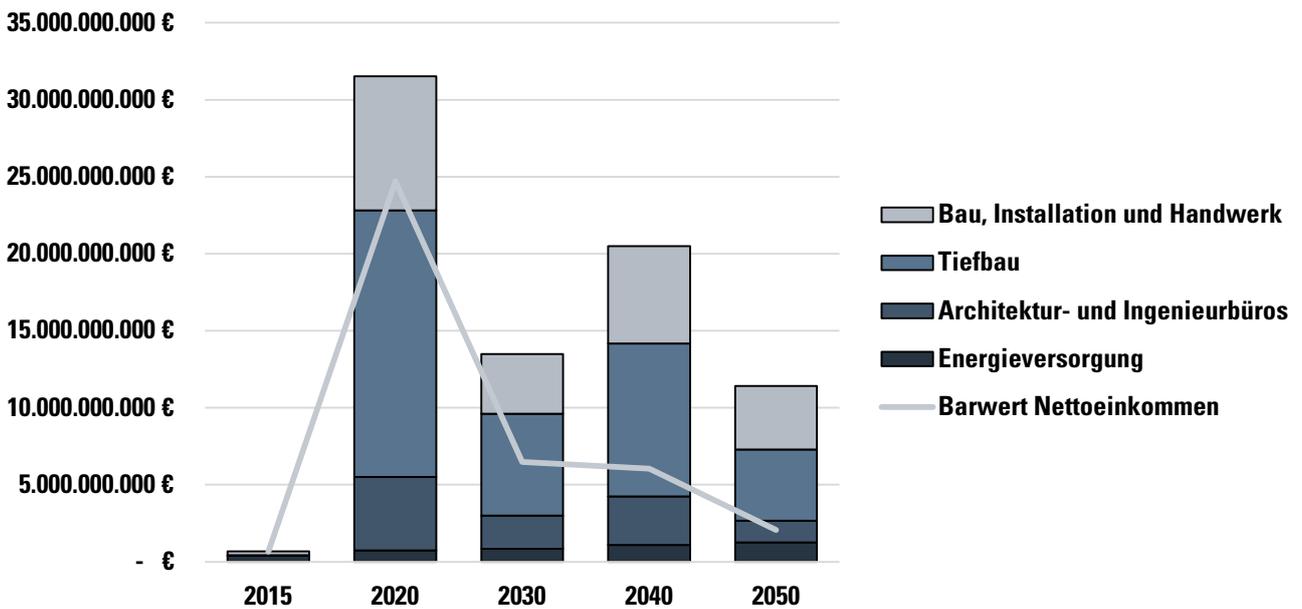


Abbildung 19: Entwicklung der Nettoeinkommen im Szenario „Dekarbonisierung“

Über den kumulierten Betrachtungszeitraum haben die Tiefbauunternehmen mit 45 % den größten Anteil an den regional anfallenden Unternehmensgewinnen, gefolgt vom Energieversorger mit 20 %. Unternehmen aus dem Bereich Bau und Installation erhalten 24 % der regionalen Unternehmensgewinne, Ingenieurbüros profitieren mit 11 %. Insgesamt tragen die Unternehmensgewinne einen Anteil von 22 % zur regionalen Wertschöpfung bei.

die Tiefbauunternehmen, gefolgt von Unternehmen aus dem Bereich Bau, Installation und Handwerk mit 30 %. Die Energieversorger liegen bei 5 % und die Ingenieurbüros bei 15 % Anteil am Nettoeinkommen. Auf die kommunalen Einnahmen entfällt mit 6 % der kleinste Anteil an der regionalen Wertschöpfung. Diese teilen sich mit 93 % auf kommunale Steueranteile sowie mit 7 % auf Gestattungsentgelte auf.

Die Nettoeinkommen machen durchschnittlich etwa 73 % der regionalen Wertschöpfung aus. Den größten Anteil an den Nettoeinkommen haben mit 50 %

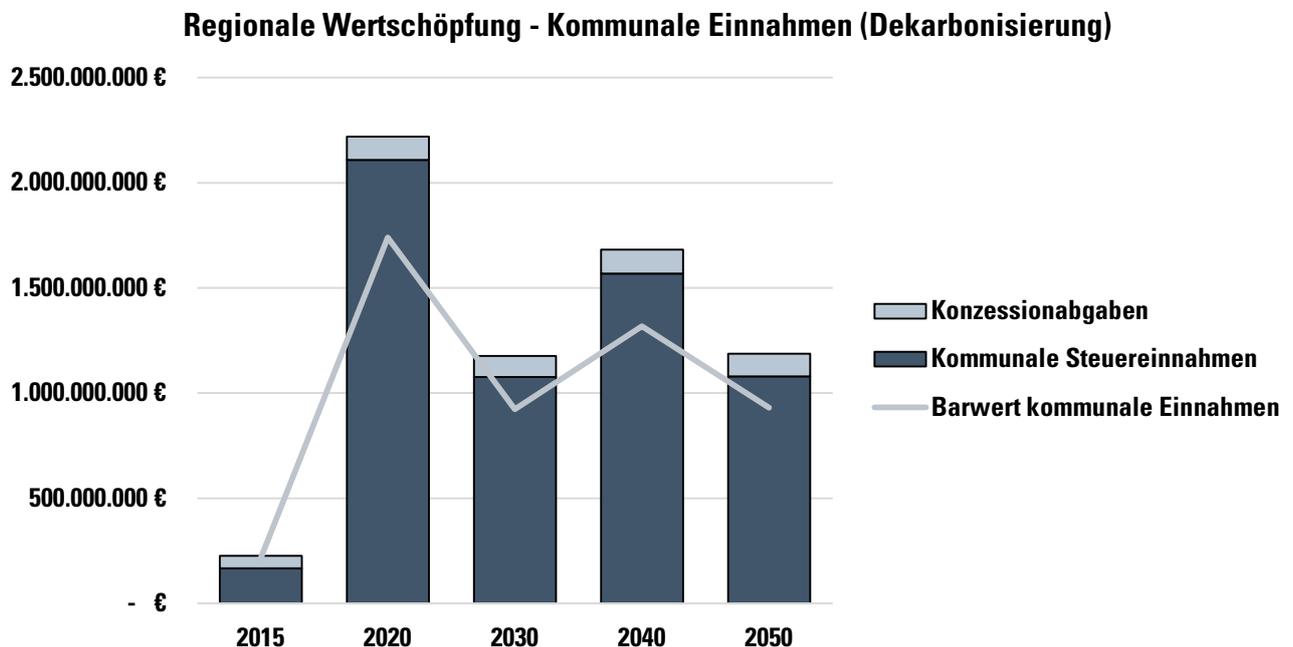


Abbildung 20: Entwicklung der kommunalen Einnahmen im Szenario „Dekarbonisierung“

5.3 Arbeitplatzeffekte

Die Arbeitplatzeffekte beschreiben die mit den regional erbrachten Umsätzen verbundenen Arbeitsplatzäquivalente.

Die Abbildungen 21 und 22 zeigt die Zahl der Arbeitsplätze, die im Mittel pro Jahr in den betrachteten Branchen sowie den Gemeindekategorien zur

Umsetzung der Ausbaustrategie benötigt werden. Insgesamt ergeben sich in den Bereichen Tiefbau, Bau, Installation und Handwerk die größten Arbeitplatzeffekte. Die Effekte im Tiefbau sind allein auf Investitionen in den Ausbau der Netzinfrastruktur zurückzuführen. Die Arbeitplatzeffekte im Bereich Bau, Installation und Handwerk ergeben sich neben

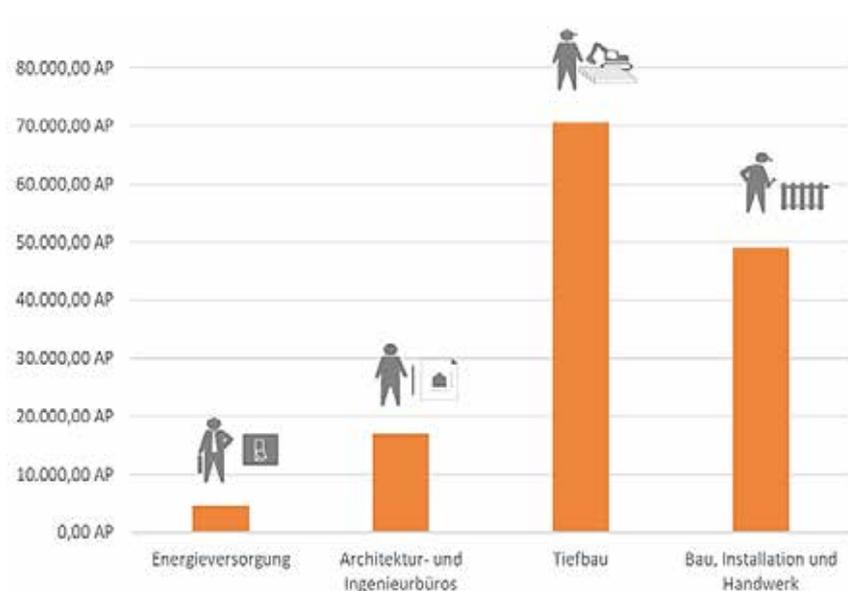


Abbildung 21: Mittlere Arbeitsplatzäquivalente pro Jahr je Branche

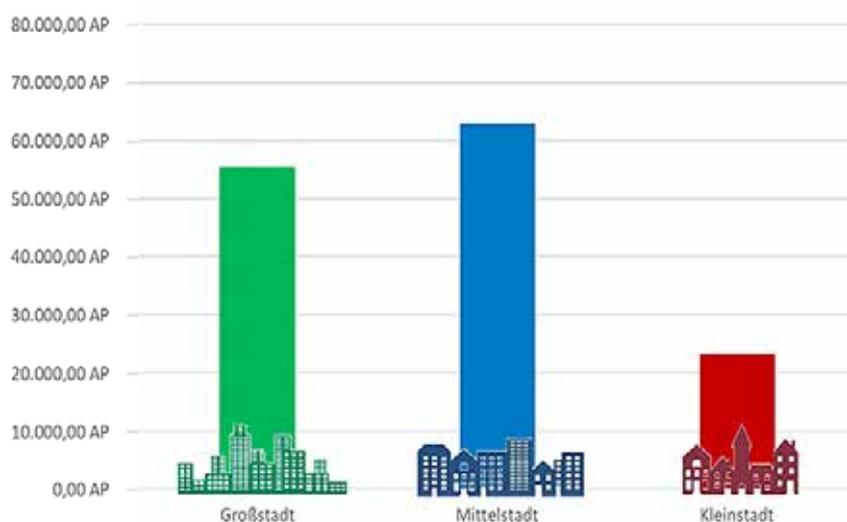


Abbildung 22: Mittlere Arbeitsplatzäquivalente pro Jahr je Gemeindekategorie

Installationstätigkeiten zusätzlich durch laufende Umsätze in der Wartung und Instandhaltung. Die geringsten Arbeitsplatzeffekte zeigen sich bei den Energieversorgern. Dies ist damit zu erklären, da sie überwiegend in wenig arbeitsplatzintensiven Bereichen der Planung und des Energiehandels unterwegs sind.

In den Gemeindekategorien zeigen sich erwartungsgemäß bei den Mittelstädten die größten Arbeitsplatzeffekte. Die Mittelstädte profitieren im höchsten Maß vom Fernwärmeausbau, was sich bereits bei der Verteilung der regionalen Wertschöpfung gezeigt hat. Die geringsten Arbeitsplatzeffekte entstehen in den Kleinstädten.

Die Abbildung 23 zeigt die Entwicklung der Arbeitsplatzeffekte bis 2050. Die dargestellten Vollzeitäquivalente zeigen insbesondere große Effekte für Tiefbauunternehmen. Hier ergeben sich über den gesamten Projektzeitraum die meisten Arbeitsäquivalente. Durch die Anlageninvestitionen steigen die Arbeitsplatzäquivalente bei den Unternehmen aus dem Bereich Bau, Installation, Handwerk ebenfalls deutlich an. Insgesamt profitieren alle betroffenen Branchen: Die Arbeitsplatzäquivalente für den leitungsgebundenen Wärmemarkt liegen im Jahr 2050 deutlich über dem Ausgangsjahr 2015.

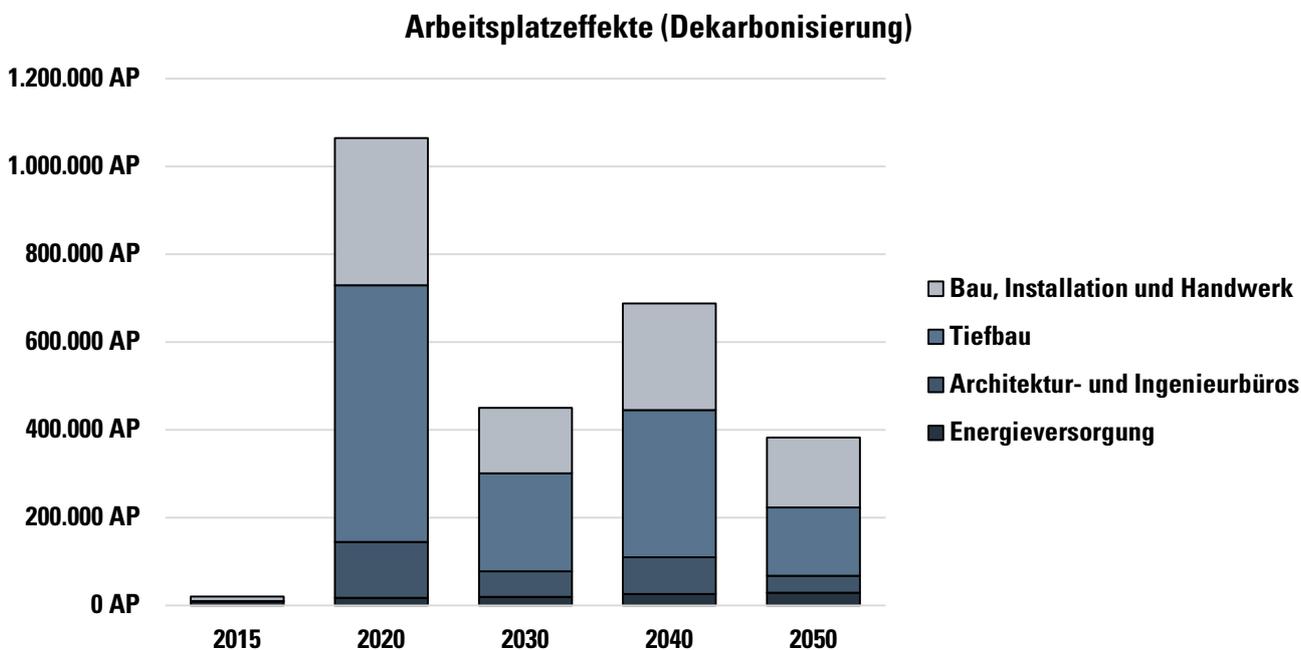


Abbildung 23: Entwicklung der Arbeitsplatzäquivalente in den Branchen

5.4 Kennwerte

Zur Plausibilisierung der Berechnungsergebnisse für die Szenarien der vorliegenden Studie zur 40/40-Strategie werden diese mit Ergebnissen praxisnaher Ausbaustrategien auf Ebene der Modellkommunen in Beziehung gesetzt. Geeignet sind hierzu Kennwerte, die Muster in der Abhängigkeit der regionalen Wertschöpfung von der getätigten Investition erkennen lassen.

Die folgende Abbildung zeigt diesen Zusammenhang hochgerechnet für gesamt Deutschland. Auf der X-Achse sind die hochgerechneten kumulierten Investitionen dargestellt. Auf der Y-Achse ist das Verhältnis der regionalen Wertschöpfung zur getätigten

Investition dargestellt. Das Verhältnis zwischen den durch den Fernwärmeausbau ausgelösten Investitionen und der regionalen Wertschöpfung liegt über alle Gemeindekategorien im Mittel bei 0,6. Pro investiertem Euro verbleiben demnach 0,6 Euro als regionale Wertschöpfung in der Region. Die Abbildung zeigt zudem Schwankungen um diesen Mittelwert in einem Bereich von 0,45 bis 0,72 Euro pro Euro Investition.

Die Abbildung zeigt zudem, dass die größten Investitionen in den Mittelstädten getätigt werden. Hier macht sich das zusätzlich Ausbaupotenzial von 111 neu zu erschließenden Mittelstädten bemerkbar.

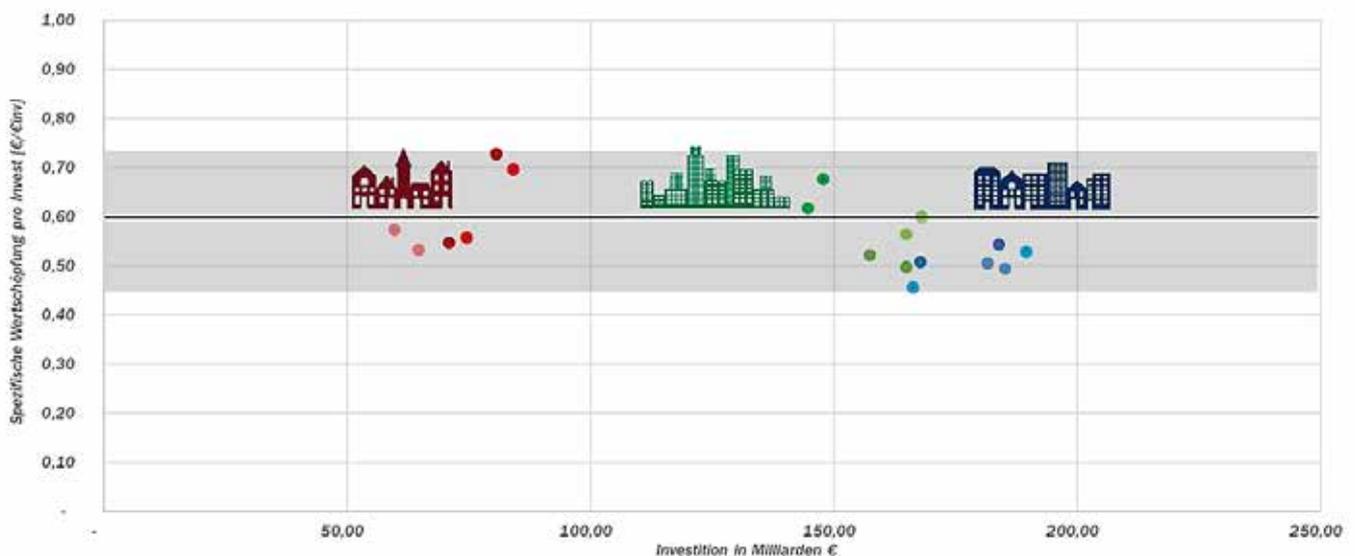


Abbildung 24: Regionale Wertschöpfung je Investition und Gemeindekategorie

6 Zusammenfassung und Ausblick

Der überwiegende Anteil des Fernwärmeanschlusseswertes ist in Deutschland auf die Großstädte und die Ballungsgebiete konzentriert. Da die Fernwärmeerzeugung unabhängig von der Art des Energieträgers ist, ist sie flexibel hinsichtlich der Umstellung auf einen höheren Anteil erneuerbarer Energien. Ein Ausbau der Fernwärme ist daher in erster Linie eine Investition in die Netz-Infrastruktur und nicht in eine Erzeugungstechnologie.

Die 40/40-Strategie beinhaltet einen weiteren Ausbau der Fernwärmeversorgung bis 2030 mit dem Ziel, den CO₂-Ausstoß im Bereich der Wärmeversorgung zu reduzieren und damit die Zielvorgaben der Energiewende zu realisieren. In den folgenden Jahren der Betrachtung wird dieser Ausbau mit

moderatem Tempo fortgesetzt, um den modernisierungsbedingten abnehmenden Wärmebedarf der bereits angeschlossenen Gebäude zu kompensieren. Durch die Umstellung auf regenerative Energien und Power2Heat-Technologien kann die Fernwärmeerzeugung gemeinsam mit der energetischen Modernisierung von Gebäuden die Erreichung des Treibhausgasemissionsziels von -80 % gegenüber dem Jahr 1990 bis zum Jahr 2050 erreichbar machen.

Die Szenarienübersicht in Abbildung 25 zeigt den notwendigen Ausbau der Wärmenetze und die Umstellung auf regenerative Energien. In den Szenarien zur Dekarbonisierung wird der Anteil regenerativer Energien bis zum Jahr 2050 auf 93 % gesteigert.

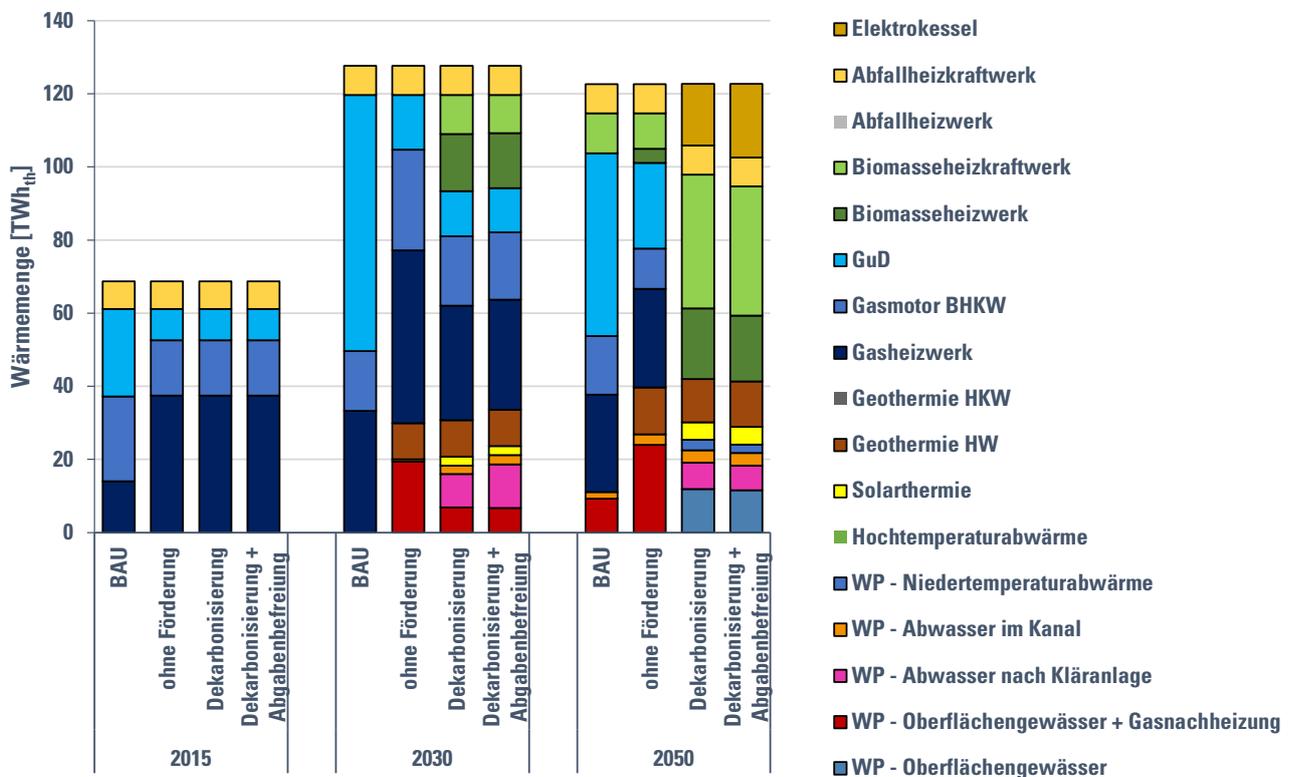


Abbildung 25: Zusammenfassung der Analyseergebnisse aus der Studie zur 40/40-Strategie

Die deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen (s. Kapitel 4.2 und 4.3) ist mit Mehrkosten in der Fernwärmeversorgung verbunden. Für die Verlegung von Wärmenetzen und den Ausbau der Wärmeerzeugungskapazitäten müssen zunächst Investitionen getätigt werden. Durch die Investitionen in der Ausbauphase bis 2030 ergibt sich eine Wirtschaftlichkeitslücke für die Umsetzung der 40/40-Strategie. Daher ist es notwendig für die Unternehmen, die im Wettbewerb agieren, einen Investitionsanreiz von ca. 1 Mrd. EUR pro Jahr für die Umsetzung der 40/40-Strategie zu schaffen. Langfristig sinkt die Wirtschaftlichkeitslücke bis 2050 auf 400 Mio. EUR pro Jahr.

Neben den positiven Effekten auf die CO₂-Emissionen und die Umstellung des Erzeugungsmixes auf erneuerbare Energien, profitieren durch den in der 40/40-Strategie aufgezeigten Ausbaupfad, alle Branchen und Gemeinden bezüglich ihrer regionalen Wertschöpfung und den damit verbundenen Arbeitplatzeffekten.

Die Hochrechnung auf gesamt Deutschland zeigt, dass sowohl in den Groß- als auch in den Mittelstädten große Effekte erzielt werden können. Hochgerechnet auf ganz Deutschland, löst im Mittel jeder investierte Euro einen regionalen Umsatz von 5,20 Euro aus, der wiederum rund 0,60 Euro regionale Wertschöpfung erzeugt. Die größten Effekte zeigen sich in den Wertschöpfungsstufen der Installation und des Betriebs der Fernwärmesysteme.

Die direkte Wertschöpfung durch die getätigten Installationen ist allerdings nur zum Zeitpunkt der

Investition wirksam. Dauerhafte Wertschöpfungseffekte liegen vor allem im Anlagenbetrieb sowie der Wartung und der Instandhaltung. Zusammengekommen machen die Wertschöpfungsstufen „Betrieb“ sowie „Wartung und Instandhaltung“ über die gesamte Betriebsdauer im Mittel 56 % der regionalen Wertschöpfungseffekte aus. Der Fernwärmeausbau entfaltet damit die größte dauerhafte Wirkung in den Städten.

Die größten Arbeitplatzeffekte zeigen sich in den Branchen Tiefbau sowie Bau allgemein (Installation und Handwerk). Die Effekte im Tiefbau sind allein auf die Investitionen in den Netzausbau zurückzuführen. Die Arbeitplatzeffekte im Bereich Bau allgemein (Installation und Handwerk) entstehen durch Installationstätigkeiten sowie laufende Wartungen und Instandhaltungen. Die geringsten Arbeitplatzeffekte zeigen sich bei den Energieversorgern. Dies ist damit zu erklären, da sie überwiegend in wenig arbeitplatzintensiven Bereichen der Planung und des Energiehandels unterwegs sind.

Die vorliegende wissenschaftliche Studie zeigt aber auch, dass es für eine schnelle Umsetzung der 40/40-Strategie und damit auch der Umstellung der Fernwärme auf erneuerbare Energieträger der Unterstützung durch Investitionsanreize bedarf. Werden diese Investitionsanreize in Höhe ca. 1 Mrd. Euro jährlich bis 2030, ab dann mind. 400 Mio. Euro jährlich bis 2050 zur Verfügung gestellt, wird dies den Ausbau und die Transformation der Fernwärme, garantieren und zum Gelingen einer erfolgreichen Wärmewende beitragen.

Folgende Effekte der 40/40-Strategie können daher nochmals stichwortartig zusammengefasst werden:

1. Treibhausgasemissionen werden reduziert

Durch die Realisierung der 40/40-Strategie und im Zusammenspiel mit der energetischen Gebäudesanierung kann bis 2050 eine Reduktion der CO₂-Emissionen um ca. 80 % erreicht werden (ggü. 1990).

2. Anteil der erneuerbaren Energien in der Wärmeversorgung steigt

Laut Studie kann der Anteil der erneuerbaren Energien in der Fernwärmeerzeugung bis 2050 auf 73 % erhöht werden. Der Erzeugungsmix wird sehr viel breiter aufgestellt sein und bis 2050 einen hohen Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme aufweisen.

3. Arbeitsplätze werden gesichert und neue geschaffen

Mit der Umsetzung der 40/40-Strategie sind positive Arbeitplatzeffekte verbunden. Jede Million Euro Umsatz, die mit der Ausbaustrategie erwirtschaftet wird, steht für ca. 7 bis 9 Arbeitsplätze in den Kommunen.

4. Wertschöpfung in der Region wird generiert

Der Ausbau der Fernwärme mit erneuerbaren Energien generiert bis 2050 eine erhebliche regionale Wertschöpfung. Bezogen auf die hierfür erforderlichen Investitionen entfallen auf jeden Euro ca. 45 - 72 Cent – im Mittel 60 Cent – regionale Wertschöpfung, die in der Region verbleiben.

Literatur

- AGFW 2012 AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., 2012: Schnittstelle Stadtentwicklung und technische Infrastrukturplanung, Frankfurt am Main
- AGFW 2015 AGFW Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. 2012: AGFW-Hauptbericht 2015. Frankfurt am Main 2016
- BBSR 2015 Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) 2015: Bundes Referenz Gemeinden und Gemeindeverbände, Stadt- und Gemeindetyp, Stand 31.12.2015, Übersicht Stadt- und Gemeindetyp (Download: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/StadtGemeindetyp/downloadangebote.html;jsessionid=8488658B-B42AC98736E0D881259DB5BC.live11291?nn=443182>; letzter Zugriff am 09.04.2018)
- Blesl 2014 Kraft-Wärme-Kopplung im Wärmemarkt Deutschlands und Europas – eine Energiesystem- und Technikanalyse, Forschungsbericht des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Band 120, Stuttgart 2014
- BMWi 2015 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2015: Zahlen und Fakten. Energiedaten, Nationale und internationale Entwicklung. Berlin
- BMWi 2018 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2018: Gesamtausgabe der Energiedaten - Datensammlung des BMWi. Zahlen und Fakten. Berlin
- Destatis 2012a Statistisches Bundesamt (Destatis) 2012a: Produzierendes Gewerbe Beschäftigte, Umsatz und Investitionen der Unternehmen und Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2010, Fachserie 4 Reihe 4.2.1, Wiesbaden.
- Destatis 2012b Statistisches Bundesamt (Destatis) 2012b: Produzierendes Gewerbe, Tätige Personen und Umsatz der Betriebe im Baugewerbe, Fachserie 4 Reihe 5.1, Wiesbaden.
- Destatis 2014 Statistisches Bundesamt (Destatis) 2014: Produzierendes Gewerbe Beschäftigung, Umsatz und Investitionen der Unternehmen im Baugewerbe, Fachserie 4 Reihe 5.2, Wiesbaden.

EEG 2014	Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien. EEG 2014
EEX 2015	European Energy Exchange AG 2015: KWK Index, Leipzig
KWKG 2015	Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung. KWKG. 2015
Mühlenhoff et al. 2014	Mühlenhoff, J., Kajimura, R. u. Boenigk, N. 2014: Holzenergie in Deutschland. Status Quo und Potenziale. Berlin
NABU, Prognos 2009	Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU), Prognos AG 2009: Der Abfallmarkt in Deutschland und Perspektiven bis 2020, Berlin
Schlesinger et al. 2014	Schlesinger, M., Hofer, P., Kemmler, A., Kirchner, A., Koziel, S., Piégsa, A., Seefeldt, F., Straßburg, S., Weinert, K., Lindenbergeg, D., Knaut, A., Malischeck, R., Nick, S., Panke, T., Paulus, S., Tode, C., Wagner, J., Lutz, C., Lehr, U. u. Ulrich, P. 2014: Entwicklung der Energiemärkte. Energiereferenzprognose. Basel, Köln, Osnabrück
Schweikardt et al. 2012:	Schweikardt, Stephan et al. 2012: Sektorenuntersuchung Fernwärme, Hrsg. Bundeskartellamt
VBEW 2017	Verband der Bayerischen Energie und Wasserwirtschaft e.V. (VBEW) 2017: EEG-Vergütungsübersicht für Inbetriebnahmejahr 2017, München

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Energieverbrauch nach Anwendungsbereichen in Deutschland 2016 (eigene Darstellung nach BMWi 2018)	6
Abbildung 2	Methodik der betriebswirtschaftlichen Szenarioanalyse	11
Abbildung 3	Entwicklung des Nutzwärmebedarfs bis 2050 in den Städten und Gemeinden in Deutschland	15
Abbildung 4	Potenzial der Deckung der Nutzwärme durch Fernwärme im Gebäudebereich	16
Abbildung 5	Ausbau der Fernwärmeversorgung gemäß der 40/40-Strategie	17
Abbildung 6	Entwicklung der Wärmeerzeugung für Wärmenetze der Gemeindekategorie Großstadt	21
Abbildung 7	Entwicklung der Wärmegestehungskosten sowie der spezifischen CO ₂ -Emissionen in der Gemeindeklasse Großstadt	22
Abbildung 8	Entwicklung der Wärmeerzeugung für Wärmenetze in der Gemeindekategorie Mittelstadt	24
Abbildung 9	Entwicklung der Wärmegestehungskosten sowie der spezifischen CO ₂ -Emissionen in der Gemeindeklasse Mittelstadt	26
Abbildung 10	Entwicklung der Wärmeerzeugung für Wärmenetze in der Gemeindekategorie Mittelstadt	27
Abbildung 11	Entwicklung der Wärmegestehungskosten sowie der spezifischen CO ₂ -Emissionen in der Gemeindeklasse Kleinstadt	28
Abbildung 12	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen im Szenario „Dekarbonisierung“ der 40/40-Strategie	29
Abbildung 13	Wirtschaftlichkeitslücke in der Durchführung der 40/40-Strategie	30
Abbildung 14	Wirtschaftlichkeitslücke der 40/40-Strategie nach Gemeindeklassen	31
Abbildung 15	Das Modell der direkten und indirekten Wertschöpfung	32
Abbildung 16	Die Wertschöpfungsprozesse im Überblick	33
Abbildung 17	Mittlere Wertschöpfungseffekte in Deutschland	35
Abbildung 18	Entwicklung der Gewinne nach Steuern im Szenario „Dekarbonisierung“	36
Abbildung 19	Entwicklung der Nettoeinkommen im Szenario „Dekarbonisierung“	36
Abbildung 20	Entwicklung der kommunalen Einnahmen im Szenario „Dekarbonisierung“	37
Abbildung 21	Mittlere Arbeitsplatzäquivalente pro Jahr je Branche	38
Abbildung 22	Mittlere Arbeitsplatzäquivalente pro Jahr je Gemeindekategorie	38
Abbildung 23	Entwicklung der Arbeitsplatzäquivalente in den Branchen	39
Abbildung 24	Regionale Wertschöpfung je Investition und Gemeindekategorie	40
Abbildung 25	Zusammenfassung der Analyseergebnisse aus der Studie zur 40/40-Strategie	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Gemeindekategorien im Untersuchungsrahmen	8
Tabelle 2	Gemeindekategorien und Ziele der 40/40-Strategie	9
Tabelle 3	Übersicht über die Szenariendefinition	12
Tabelle 4	Entwicklungspfade der spezifischen CO ₂ -Emissionen in der Wärmeversorgung	13
Tabelle 5	Entwicklung der Energiebezugpreise für die Stützjahre 2015, 2030 und 2050	19
Tabelle 6	Basisdaten zur Entwicklung des Modellnetzes in Großstädten	20
Tabelle 7	Rahmendaten zur Charakterisierung der Versorgungsaufgabe in Mittelstädten	24
Tabelle 8	Rahmendaten zur Charakterisierung der Versorgungsaufgabe in Kleinstädten	26
Tabelle 9	Mitarbeiter pro 1 Millionen Euro Umsatz nach Wirtschaftszweig	34



Eine Studie des AGFW | Der Energieeffizienzverband
für Wärme, Kälte und KWK e. V

Stresemannallee 30 | D-60596 Frankfurt am Main
Telefon: +49 69 6304-1 | Telefax: +49 69 6304-391
info@agfw.de | www.agfw.de